



# Земля и Вселенная

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●  
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО  
ПРОСТРАНСТВА ●

**5/84**



## На орбите «Салют-7»

26 мая 1984 года в 13 ч 41 мин московского времени корабль «Прогресс-21», выведенный на околоземную орбиту 8 мая 1984 года, был отстыкован от станции «Салют-7». В расчетное время включилась его двигательная установка, и после торможения грузовой корабль перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков продолжили запланированную программу работ на станции «Салют-7». С 19 по 26 мая они провели ряд технических экспериментов и медицинских обследований. Так, целью эксперимента «Торсион» стало дальнейшее изучение влияния условий открытого космического пространства на конструкционные материалы. Определение изменения физико-механических характеристик материалов осуществлялось путем оценки параметров свободных затухающих колебаний, периодически задаваемых исследуемым образцам. Этот эксперимент выполнялся посредством прибора, установленного в шлюзовой камере. Медицинская часть программы включала в себя исследование сердечно-сосудистой системы с использованием метода эхографии, а так-

же оценку состояния зрительного аппарата.

28 мая 1984 года в 18 ч 13 мин московского времени в соответствии с программой обеспечения дальнейшего функционирования орбитальной научной станции «Салют-7» в Советском Союзе произведен запуск автоматического грузового корабля «Прогресс-22». Цель запуска — доставка на орбитальную станцию расходных материалов и различных грузов. 30 мая 1984 года в 19 ч 47 мин московского времени была осуществлена автоматическая стыковка грузового корабля «Прогресс-22» с орбитальным пилотируемым комплексом «Салют-7» — «Союз Т-11». Взаимный поиск, сближение, причаливание и стыковка космических аппаратов выполнялись посредством бортовой автоматики. Эти процессы контролировались Центром управления полетом и экипажем орбитального комплекса — космонавтами Л. Д. Кизимом, В. А. Соловьевым и О. Ю. Атьковым. Грузовой корабль пристыкован к станции со стороны ее агрегатного отсека. Корабль «Прогресс-22» доставил на орбиту топливо для объединенной двигательной установки станции, оборудование, аппаратуру, материалы для проведения научных исследований и обеспечения жизнедеятельности экипажа, а также почту.

Программа полета научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-11» — «Прогресс-22» в последующие дни включала в себя технические эксперименты по определению параметров атмосферы вблизи комплекса, профилактические работы на станции. Выполнены многочисленные медицинские исследования в целях объективной оценки состояния здоровья экипажа и дальнейшего изучения влияния условий космического полета на организм человека. Исследовалась работоспособность космонавтов, а также реакции сердечно-сосудистой системы на воздействие физической нагрузки и имитацию гидростатического давления.

31 мая был открыт люк транспортного корабля «Прогресс-22», и космонавты начали его разгрузку. В помещение станции перенесены почта, продукты, приборы, кино- и фотоматериалы.

На 1 июня распоряжением на борту орбитального комплекса предусмотрены визуальные наблюдения акватории Мирового океана, продолжение работ по разгрузке корабля «Прогресс-22», перезарядка кассет многозонального космического фотоаппарата МКФ-6М, проведение астрофизических экспериментов.

(По материалам ТАСС)

Продолжение на с. 2



Научно-популярный

журнал

Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год

Издательство «Наука»

Москва

# Земля и Вселенная

• СЕНТЯБРЬ • ОКТЯБРЬ • **5/84**

В номере:

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Авдеевский В. С.— Космос должен быть мирным . . .                                                                     | 6   |
| Велихов Е. П., Жамалетдинов А. А., Жданов М. С.— Эксперимент «Хибины» . . . . .                                       | 12  |
| Кардашев Н. С., Новиков И. Д., Штерн Б. Е.— Центр Галактики . . . . .                                                 | 19  |
| Агафонов М. С., Левтов В. Л., Лесков Л. В., Савичев В. В.— Технологические эксперименты на высотных ракетах . . . . . | 27  |
| Боярчук А. А.— «Астрон» — окно в ультрафиолетовый космос . . . . .                                                    | 36  |
| Никитин С. А.— СССР-Индия: на космических орбитах                                                                     | 44  |
| Пушкин С. Б.— Новый Государственный эталон времени и частоты . . . . .                                                | 51  |
| Береснев И. А., Николаев А. В.— Нелинейная сейсмология . . . . .                                                      | 56  |
| <b>ЛЮДИ НАУКИ</b>                                                                                                     |     |
| Куликов К. А.— Владимир Петрович Щеглов . . . . .                                                                     | 64  |
| Абалкин В. К.— Петр Михайлович Горшков . . . . .                                                                      | 67  |
| Памяти Евгения Леонидовича Кринова . . . . .                                                                          | 73  |
| <b>СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ</b>                                                                                |     |
| Котельников В. И. А.— Советско-французское совещание в Каннах . . . . .                                               | 76  |
| <b>ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ</b>                                                                                       |     |
| Говоруха Л. С.— Десятилетие «Купола Вавилова» . . .                                                                   | 79  |
| <b>ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ</b>                                                                                               |     |
| Шевченко В. В.— Тайна обратной стороны Луны . . .                                                                     | 83  |
| Козенко А. В., Левитан Е. П.— Названия спутников планет . . . . .                                                     | 90  |
| <b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>                                                                                        |     |
| Князюк Н. В.— Астрономический кружок в Приморье                                                                       | 95  |
| <b>ФАНТАСТИКА</b>                                                                                                     |     |
| Силецкий А. В.— Поправка на человечность . . . . .                                                                    | 97  |
| <b>КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ</b>                                                                                          |     |
| Орлов В. А.— На марках — академик С. П. Королев . . .                                                                 | 103 |
| <b>КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ</b>                                                                                           |     |
| Артемьев А. В., Томанов В. П.— Учебное пособие по астрономии для студентов . . . . .                                  | 106 |
| Ахундова С. Б., Керимов И. Г.— Землетрясения на Древнем Востоке . . . . .                                             | 108 |
| ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ . . . . .                                                                                 | 110 |

## НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На орбите «Салют-7» [2-я страница обложки и с. 2]; Самая далекая звезда Галактики? [26]; Грибовидные течения в океане [34]; Шаровые скопления: жизнь после смерти [35]; Новая зависимость между массой и спектром звезд [50]; Живой вулкан на Кавказе? [62]; Преемник «Гломара Челленджера» [63]; Новые книги [63, 78, 82, 96]; Медаль Леонарда — советскому астроному [105]; Статьи о любительском телескопостроении, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1983 годах [112].



## На орбите «Салют-7»

8 июня 1984 года у космонавтов Л. Д. Кизима, В. А. Соловьева и О. Ю. Атькова завершился четвертый месяц работы на околоземной орбите.

В первую неделю месяца программа полета включала геофизические и астрофизические эксперименты, медицинские исследования, разгрузку транспортного корабля.

В рамках обширной программы исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды космонавты выполнили несколько серий визуальных наблюдений и съемки различных районов территории Советского Союза и акватории Мирового океана. Эти эксперименты велись для получения дополнительной информации о ледниках и снежном покрове Памира, геологических структурах Кызылкумов и Тянь-Шаня, состоянии сельскохозяйственных угодий Краснодарского края. Проводилось также фотографирование Приморского края и районов, примыкающих к БАМ.

Для оценки состояния здоровья, самочувствия и работоспособности космонавтов выполнено несколько медицинских обследований. Получены данные о состоянии сердечно-сосудистой системы, об эффективности различных физических

тренировок, которые регулярно выполняет экипаж, об особенностях углеводного и минерального обмена в организме человека, длительное время находящегося в условиях космического полета.

8 июня космонавты продолжали работы по программе геофизических экспериментов. По заданиям океанологов проведены три серии наблюдений и съемки отдельных районов акваторий Атлантического и Тихого океанов. Все члены экипажа прошли медицинские обследования, чтобы оценить реакции системы кровообращения на имитацию гидростатического давления, создаваемого посредством вакуумного костюма «Чибис». Проводились также исследования биоэлектрической активности сердца в покое.

В соответствии с намеченной программой геофизических экспериментов в последующие дни космонавты выполнили несколько серий наблюдений, фотографирования и спектрометрирования земной суши и акватории Мирового океана.

21 июня с помощью двигателя грузового корабля была осуществлена коррекция орбиты научно-исследовательского комплекса.

22 июня экипаж комплекса провел регламентные профилактические работы на станции, визуальные наблюдения лесных

массивов в Забайкалье, занятия физическими упражнениями. Была начата подготовка объединенной двигательной установки станции к дозаправке топливом, доставленным кораблем «Прогресс-22», а также производилась проверка герметичности заправочных магистралей.

С 23 по 29 июня программа полета включала геофизические и медицинские исследования, эксперименты по оценке параметров атмосферы вблизи комплекса. После подготовительных операций по откачке сжатого азота из топливных баков произведена дозаправка объединенной двигательной установки станции окислителем.

Значительное место в работе экипажа было отведено комплексным исследованиям земной поверхности в интересах различных отраслей науки и народного хозяйства страны. Продолжался сбор оперативной информации о состоянии лесных массивов Восточной Сибири, ледников Памира и Тянь-Шаня.

В соответствии с планом медицинского контроля проведено очередное обследование экипажа. Определялись, в частности, функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и физическая работоспособность космонавтов.

6 июля космонавты Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков отметили 150-й день своей

Продолжение. Начало см. на 2-й странице обложки.





Экипаж космического корабля «Союз Т-12» — командир экипажа

В. А. Джанибенов,  
бортинженер  
С. Е. Савицкая,  
космонавт-исследователь  
И. П. Волк

Фотохроника ТАСС

работы на околоземной орбите. С 30 июня по 6 июля на борту пилотируемого комплекса «Салют-7» — «Союз Т-11» — «Прогресс-22» проводились астрофизические и геофизические эксперименты, медицинские обследования, технические эксперименты. В рамках программы исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды выполнено несколько серий фотографирования территории Советского Союза и акватории Мирового океана. Районами съемки были выбраны Прикаспийская низменность, горные массивы республик Средней Азии, Забайкалье, Приморский край.

Целью контрольных медицин-

ских обследований было получение дополнительных данных о состоянии сердечно-сосудистой системы космонавтов. В соответствии с графиком дозаправки станции топливом из емкости грузового корабля «Прогресс-22» произведена перекачка горючего в баки объединенной двигательной установки. В последующие дни экипаж продолжил геофизические эксперименты, контрольные медицинские обследования, профилактические работы с отдельными приборами, подготовку научной аппаратуры к предстоящим исследованиям.

Значительное место в длительном орбитальном полете отводится исследованиям по программе изучения природных ресурсов Земли. Получено большое количество материалов о минерально-сырьевых ресурсах нашей страны, сезонной изменчивости сельскохозяйственных угодий, условиях мореплавания и рыболовства.

Выполняя очередные серии

геофизических исследований, космонавты вели, по заданиям метеорологов, наблюдения процессов, происходящих в атмосфере Земли, оперативно сообщали специалистам о зарождающихся циклонах.

11 июля посредством двигателей корабля «Прогресс-22» была проведена коррекция орбиты научно-исследовательского комплекса.

13 июля распоряжением дня экипажа были предусмотрены визуально - инструментальные наблюдения земной суши и акватории Мирового океана, занятия физическими упражнениями. Завершены практически все намеченные работы с автоматическим транспортным кораблем «Прогресс-22». Доставленные грузы установлены на штатные места, дозаправлены горючим и окислителем топливные емкости объединенной двигательной установки станции, произведен наддув комплекса воздухом. Освободившийся отсек грузового корабля

космонавты загружали использованным оборудованием.

15 июля завершился полет автоматического транспортного корабля «Прогресс-22», выведенного на околоземную орбиту 28 мая 1984 года. В 17 ч 36 мин московского времени «Прогресс-22» был отстыкован от станции «Салют-7». В расчетное время включилась его двигательная установка. В результате торможения грузовой корабль перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы и прекратил существование.

В соответствии с программой исследования космического пространства **17 июля 1984 года в 21 ч 41 мин московского времени в Советском Союзе осуществлен запуск космического корабля «Союз Т-12»**, пилотируемого экипажем в составе командира корабля дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР полковника **Джанибекова Владимира Александровича**, бортинженера Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР **Савицкой Светланы Евгеньевны** и космонавта-исследователя **Волка Игоря Петровича**.

Дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **В. А. Джанибеков** родился 13 мая 1942 года в поселке Искандар Бостанлыкского района Ташкентской области. После окончания в 1965 году Ейского высшего военного авиационного училища летчиков служил летчиком-инструктором в Военно-Воздушных Силах. В. А. Джанибеков — член КПСС с 1970 года. В отряд космонавтов зачислен в 1970 году. В. А. Джанибеков совершил три космических полета. В январе 1978 года он был командиром корабля «Союз-27», доставившего на станцию «Салют-6»

первую экспедицию посещения. В марте 1981 года Владимир Александрович совершил полет на корабле «Союз-39» в качестве командира международного советско-монгольского экипажа, проводившего исследования и эксперименты на станции «Салют-6». В третьем полете летом 1982 года он являлся командиром международного советско-французского экипажа, работавшего на корабле «Союз Т-6» и орбитальной станции «Салют-7».

Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР **С. Е. Савицкая** родилась 8 августа 1948 года в Москве. Окончив Центральную летно-техническую школу ДОСААФ СССР и Московский авиационный институт имени Серго Орджоникидзе, работала летчиком-инструктором. С. Е. Савицкая — член КПСС с 1975 года. Она — член ЦК ВЛКСМ. С 1976 года С. Е. Савицкая, пройдя курс обучения в школе летчиков-испытателей, занималась исследовательской работой. Она освоила более 20 типов самолетов, имеет квалификацию «Летчик-испытатель 2-го класса». Светлана Евгеньевна — заслуженный мастер спорта СССР, установила 18 мировых авиационных рекордов, в 1970 году была абсолютной чемпионкой мира по высшему пилотажу. В настоящее время С. Е. Савицкая работает в конструкторском бюро, участвует в испытаниях космических аппаратов. В отряд космонавтов была зачислена в 1980 году. Свой первый космический полет С. Е. Савицкая завершила в августе 1982 года на корабле «Союз Т-7» и орбитальной станции «Салют-7» в качестве космонавта-исследователя.

**И. П. Волк** родился 12 апреля 1937 года в городе Готваль-

де Харьковской области. После окончания в 1956 году Кировоградского военного авиационного училища летчиков служил в Военно-Воздушных Силах. И. П. Волк — член КПСС с 1964 года. С 1965 года по окончании школы летчиков-испытателей И. П. Волк занимается испытательской работой. Он рекомендовал себя высококвалифицированным специалистом, способным выполнять полеты высшей степени сложности. И. П. Волк имеет квалификацию «Летчик-испытатель 1-го класса», ему присвоено почетное звание «Заслуженный летчик-испытатель СССР». В 1969 году без отрыва от основной работы завершил учебу в Московском авиационном институте имени Серго Орджоникидзе. К космическим полетам И. П. Волк начал готовиться с 1978 года. Прошел полный курс подготовки к полетам на корабле «Союз Т» и орбитальной станции «Салют».

18 июля 1984 года в 23 ч 17 мин московского времени была осуществлена стыковка космического корабля «Союз Т-12» с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-11», пилотируемым экипажем в составе Л. Д. Кизима, В. А. Соловьева и О. Ю. Атькова.

После проверки герметичности стыковочного узла В. А. Джанибеков, С. Е. Савицкая и И. П. Волк перешли в помещение станции «Салют-7». В околоземном космическом пространстве на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-11» — «Союз Т-12» начали работать **шестеро советских космонавтов, в том числе женщина-космонавт**.

Программа совместного полета включала технические и технологические эксперименты,

наблюдения и фотосъемку земной поверхности, медико-биологические, астрофизические и другие исследования.

25 июля в соответствии с программой полета орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-11» — «Союз Т-12» космонавты С. Е. Савицкая и В. А. Джанибеков осуществили выход в открытое космическое пространство. **Впервые в мире женщина-космонавт, Светлана Евгеньевна Савицкая, совершила выход в открытый космос!** Основной задачей выхода было проведение испытаний нового универсального ручного инструмента, предназначенного для выполнения сложных технологических операций. В 18 ч 55 мин московского времени космонавты открыли наружный люк и вышли из станции. На переходном отсеке они установили и подготовили к работе портативную электронно-лучевую установку, пульт управления, преобразователь тока и планшеты с металлическими образцами. С. Е. Савицкая, используя универсальный ручной инструмент, последовательно выполнила операции по резке, сварке, пайке металлических пластин и напылению покрытия. В. А. Джанибеков в это время проводил киносъемку и телевизионный репортаж. Затем космонавты поменялись местами. На заключительном этапе выхода космонавты демонтировали и перенесли в помещение станции ранее установленные на ее внешней поверхности панели с различными конструкционными материалами, длительное время находившимися в условиях открытого космоса. Время пребывания космонавтов в условиях открытого космического

пространства составило 3 ч 35 мин. Космонавты Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков и И. П. Волк во время проведения работ в открытом космосе контролировали функционирование систем станции и скафандров и поддерживали радиосвязь с С. Е. Савицкой и В. А. Джанибековым. Успешное выполнение С. Е. Савицкой уникальных экспериментов в условиях космического пространства показало возможность эффективной деятельности женщины при проведении сложных работ не только на борту пилотируемого орбитального комплекса, но и в открытом космосе.

По программе исследования природных ресурсов Земли и изучения окружающей среды космонавты выполнили на борту станции серию наблюдений и съемок отдельных районов территории СССР. Ими проведен ряд экспериментов по исследованию структуры земной атмосферы и распределения межпланетного вещества в космическом пространстве. Значительное место в работе экипажа было отведено экспериментам, связанным с космической технологией и биотехнологией.

Во время полета орбитального комплекса был проведен комплекс медицинских исследований, направленных на дальнейшее изучение влияния условий космического полета на организм человека и совершенствование методов и средств профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Был также выполнен ряд экспериментов по изучению влияния факторов космического полета на различные биологические объекты.

29 июля 1984 года в 16 ч

55 мин московского времени после завершения программы совместных работ на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-11» — «Союз Т-12» космонавты В. А. Джанибеков, С. Е. Савицкая и И. П. Волк возвратились на Землю. Спускаемый аппарат корабля «Союз Т-12» совершил посадку в заданном районе территории Советского Союза в 140 км юго-восточнее города Джезказган. На Землю доставлены полученные в условиях невесомости сверхчистые биологически активные вещества и образцы конструкционных материалов, находившихся длительное время в открытом космическом пространстве.

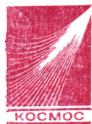
Указом Президиума Верховного Совета СССР дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР товарищ В. А. Джанибеков награжден орденом Ленина; Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР товарищ С. Е. Савицкая награждена орденом Ленина и второй медалью «Золотая Звезда» — в ознаменование подвига С. Е. Савицкой на родине Героя будет сооружен бронзовый бюст; звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда» присвоено летчику-космонавту товарищу И. П. Волку, ему также присвоено звание «Летчик-космонавт СССР».

Успешно завершённый полет экипажа с участием женщины-космонавта стал новой яркой страницей в истории освоения космического пространства.

(По материалам ТАСС)

Продолжение следует





## Космос должен быть мирным

**Гонка вооружений в космосе — это чудовищная, чрезвычайно опасная бессмыслица, способствующая развязыванию ядерной войны и уничтожению всех достижений человеческой цивилизации и самой жизни на Земле. Последняя четверть XX века, как никогда прежде, поставила человечество перед дилеммой: быть или не быть!**

### НАШ «КОРАБЛЬ» — ЗЕМЛЯ

Человек — часть биосферы Земли. Все, что мы сегодня имеем: кислород для дыхания, озоновый слой, который защищает нас от жестких ультрафиолетовых лучей, продукты питания, климат, обеспечивающий условия для жизни, — все это продукт уникальной фабрики усвоения солнечной энергии — биосферы, созданной природой.

И даже тогда, когда будут повсеместно использоваться другие источники энергии, например, энергия управляемых термоядерных реакций или внутренняя энергия Земли, когда мы научимся эффективнее непосредственно перерабатывать солнечную энергию, — все равно мы не сможем расстаться с окружающей нас живой природой. Пока именно она обеспечивает равновесие на Земле, уничтожая отходы, перерабатывая продукты разложения и возвращая их в экологический цикл, без чего человечество погибло бы в своем собственном мусоре. Человек эволюционирует вместе со всей живой природой, и вряд ли когда-нибудь он сумеет по-настоящему обособиться от нее, да, видимо, и нецелесообразно всерьез этого добиваться.

Об этом нельзя забывать сейчас, когда человечество начало осваивать новую среду деятельности — космическое пространство, не входящее в биосферу, хотя космос, безуслов-

но, оказывает на нее влияние. Именно от человека теперь зависит, чем станет космическое пространство после его освоения, как это освоение повлияет на земную жизнь, ее эволюцию, развитие цивилизации.

Сейчас мы знаем, что космическое пространство — отнюдь не пустое, космос полон лучистой энергии, только небольшая часть которой усваивается Землей. Кроме энергии излучение несет в себе огромную информацию о Вселенной, недоступную здесь, на Земле, за экраном атмосферы.

### КОСМИЧЕСКИЕ ДОРОГИ ЧЕЛОВЕКА

Полеты в космос стали новым шагом в развитии земной цивилизации и в то же время качественным скачком в самосознании человечества. Взглянув на Землю со стороны, познакомившись ближе с Луной, планетами, всей Солнечной системой, люди начали мыслить категориями, прежде не входившими в ряд обычных земных понятий.

Уровень цивилизации сейчас таков, что влияние хозяйственной деятельности на природу, биосферу и, следовательно, на условия жизни на Земле очень велико. В то же время человек живет в определенной социальной среде, и его жизнь все сильнее зависит от достижений цивилизации. Ее развитие связано с растущим использованием природных богатств Земли, и потому регулирование этого процесса ныне — задача огромной важности.

Космические аппараты обеспечивают быстрое и глобальное изучение природных ресурсов Земли, геологическую разведку и поиск полезных ископаемых, позволяют определить состояние лесов, сельскохозяйственных угодий, водности рек, состояние ледников. Наряду с этим космос создает идеальные условия для контроля биосферы. Важное условие для этого — контроль из космоса



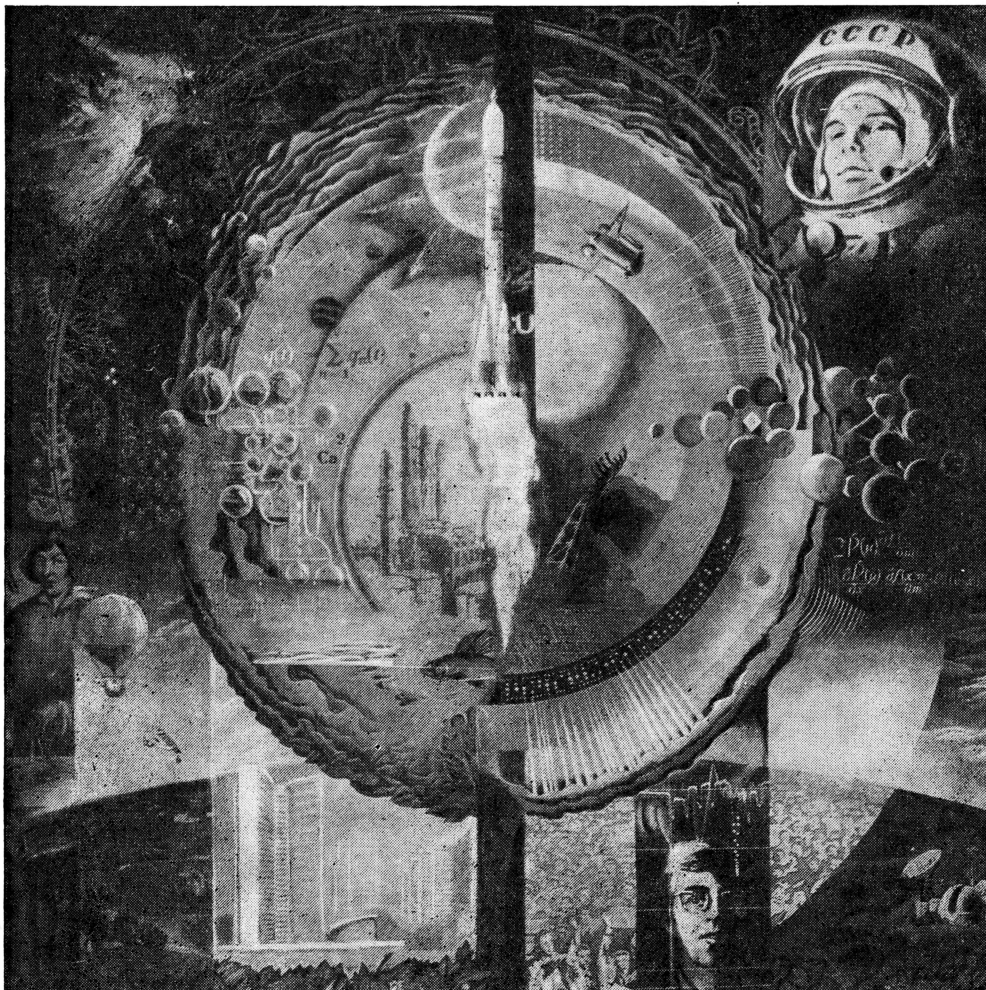
Во все времена люди, населявшие Землю, думали, что их планета необъятна. А на самом деле, если взглянуть из космоса, она не так и велика. Средних размеров голубая планета, колыбель разума (быть может, одинокого в целой Галактике)... Каким он станет, этот разум? Великим, подлинно космическим, гуманным? Или, погубив свою планету, он погубит и себя? Поверить в это невозможно. Чересчур мала Земля, чтоб выдержать безумный натиск ядерных пожаров, чересчур мала и уникальна. Человек не может жить в колыбели, но для этого необходимо сохранить ее, иначе неоткуда будет выходить на торную вселенскую дорогу... Земля на небе Луны. (Один из снимков, переданных советской АМС «Зонд-7»)

сохранности и чистоты атмосферы. Вместе с метеорологическими исследованиями контроль окружающей среды позволяет вовремя обнаружить опасные последствия хозяйственной деятельности и принять необходимые меры.

Огромных перемен в жизни людей можно ожидать в связи с развитием спутниковых систем связи. Накопленные человечеством научные знания, культурные достижения, наиболее значительные успехи социального и научно-технического развития,— все это должно быть легко доступно каждому отдельному человеку. Единственный способ, который сможет обеспечить быструю передачу данных всем потребителям,— через спутники. Такие специализированные спутники связи, расположенные в разных точках околоземного космоса и на геостационарной орбите, охватывают огромные территории, обладают громадной пропускной способностью, обеспечивая оперативный обмен информацией. Наступающая «эпоха информации» по своему значению для прогресса будет сравнима с эпохой электричества.

Вершиной успехов ракетно-космической техники стали полеты человека в космос. Круг занятий космонавтов исключительно разнообразен: астрофизика, космическая технология, изучение природных ресурсов Земли и атмосферы, технические эксперименты. Особое место занимают медико-биологические исследования, благодаря которым доказана возможность длительного пребывания и успешной работы людей в невесомости, в космических аппаратах с искусственным жизнеобеспечением. При этом, однако, космонавты снабжаются с Земли необходимыми расходуемыми продуктами, то есть они остаются связанными с Землей и ее биосферой. По моему мнению, такое положение сохранится еще долго и, видимо, пока нет достаточных аргументов для перехода к созданию на космических аппаратах полностью замкнутых экологических систем.

На повестке дня — индустриализация космоса, совместное развитие производительных сил в космосе и на Земле, создание огромных космических суперсистем, пилотируемых станций, космических заводов. Большое значение при этом будет иметь международное сотрудничество. Космические аппараты летают над всеми странами, и международное



Еще на заре становления научных знаний человечество задавалось вопросом: что может наука, познаваем ли мир? Как выяснилось, мир познаваем и наука способна на многое. Вот это-то «многое» и стало в последние полвека камнем преткновения в разных дискуссиях. Что есть наука? Добрая сила, ведущая людей к счастливому изобилию, миру и раскрытию всех сокровенных тайн природы? Или, напротив, это могущественный джинн, злой и своенравный, который только и ждет, когда его по нечаянности выпустят из заточения? Или наука в своем роде — двуликий Янус, и все зависит от воли и совести людей: накому из ликов они позволят обратиться к миру и к себе? Наше будущее, завтра науки — в наших собственных руках!

В. А. Арлашин, А. А. Барахтянский. — «Наука». Панно, 1977 год

сотрудничество в их использовании способствует сотрудничеству на Земле.

## КОСМОС ПРИНАДЛЕЖИТ ВСЕМ

«...Мы планомерно осваиваем космическое пространство,— сказал Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР товарищ К. У. Черненко, вручая награды советским космонавтам В. А. Ляхову и А. П. Александрову.— И при этом неизменно стоим за то, чтобы использовать его исключительно в мирных целях, на благо всего человечества. Космос должен быть мирным!»

Однако есть на Земле люди, которые вынашивают иные планы освоения космоса.

США объявили о своих намерениях превратить космос в арену войны и начать гонку космических вооружений.

История свидетельствует, что развитие науки и техники во все века неизбежно использовалось для совершенствования средств военной техники, для уничтожения людей. В настоящее время военные средства размещаются повсюду на Земле, на морях и океанах, а воздушное пространство превратилось в арену деятельности бомбардировочной и истребительной авиации.

Принципиально новым после 1945 года оказалось создание ракетно-ядерного оружия и других средств, способных не только уничтожить многие сотни миллионов людей, но и полностью стереть отдельные страны с поверхности Земли, уничтожить либо отбросить назад на десятки и сотни тысяч лет саму жизнь на Земле. В условиях взрывоопасного международного положения очень важно не расширять сферу применения новых военных средств, не размещать их там, где их пока нет. Такая среда — космическое пространство. Здесь отсутствуют границы между государствами, и все страны согласны с тем, что над их территориями летают космические аппараты. Таким образом, налицо все необходимые условия для сохранения космоса мирным, и не существует никаких объективных предпосылок, затрудняющих переговоры по этому вопросу.

Из этого исходит Советский Союз, последовательно проводящий мирную политику и взявший на себя в одностороннем порядке обязательство не выводить в космос какого-либо типа противоспутникового оружия на все то время, пока от этого будут воздерживаться другие государства. Благодаря усилиям СССР и стран социалистического содружества, поддерживаемых рядом миролюбивых государств, удалось заключить международные соглашения, частично ограничивающие военное использование космического пространства. Однако существующие международные соглашения пока еще не охватывают некоторых важных аспектов деятельности в космосе и оставляют лазейки для вывода оружия на околоземные орбиты. В связи с этим Советский Союз выдвинул новые предложения о предотвращении милитаризации космоса. Особенно важное значение имеет резолюция, рассмотренная на XXXVIII сессии Генеральной Ассамблеи ООН. В этой резолюции содержится проект Догово-

ра о запрещении применения силы в космическом пространстве и из космоса в отношении Земли, предложенный Советским Союзом. Резолюция одобрена подавляющим большинством стран — членов ООН, а проект Договора передан на обсуждение участников Конференции по разоружению. Только США, оставаясь в одиночестве, голосовали против проекта Договора.

## СТРАТЕГИЯ АВАНТЮРИЗМА

Военщина США уже многие годы ищет возможность сломать установившийся в мире стратегический паритет. Не оставлен без внимания и космос. Успехи в освоении космического пространства, с которыми большинство людей мира связывают надежды на прогресс, на улучшение жизни на Земле, толкают США на все большее использование космоса в военных целях.

Сначала были созданы военно-прикладные космические системы для обеспечения деятельности вооруженных сил США на Земле. Американские разведывательные, связные, метеорологические и навигационные спутники постоянно использовались Пентагоном во время агрессивной войны во Вьетнаме, США снабжали разведывательной информацией Англию во время военного конфликта из-за Фолклендских островов (Земля и Вселенная, 1984, № 2, с. 14.—Ред.).

Однако использование спутников только для обслуживания военных действий на Земле больше не удовлетворяет военщину США, активно поддерживаемую военно-промышленными кругами. В связи с возрастающей зависимостью вооруженных сил США от космических средств, особенно на многочисленных базах, расположенных повсюду на земном шаре, правительство Рейгана создало в 1982 году специальное космическое командование и узаконило особой директивой развитие работ по милитаризации космического пространства. В настоящее время в США заканчивается создание системы АСАТ для борьбы со спутниками, используя запускаемую с истребителей F-15 двухступенчатую ракету с головкой самонаведения.

Большое значение придает Пентагон созданной в США системе «Спейс Шаттл». Эта система, разрекламированная как самое дешевое транспортное средство выведения спутников на орбиты, в действительности пока



очень дорога. Использование челночного корабля в качестве пилотируемой станции с временем работы 7—8 дней для решения научных задач не эффективно.

Но все эти соображения не имеют значения для Пентагона, располагающего астрономическим военным бюджетом. По мнению военных специалистов США, челночные корабли будут необходимы при создании и отработке качественно новых видов космического оружия, в том числе лазеров различного типа. Лазерное оружие, как полагают американские военные, наиболее эффективно и найдет главное применение в космосе, поскольку имеет вне атмосферы значительную дальность действия. Челночные корабли в планах США предназначены также для быстрого развертывания в космосе систем, состоящих из большого количества боевых ударных аппаратов. Для этой цели в США разрабатываются грузовые аппараты систем «Спейс Шаттл», в том числе и одноразового применения, когда на ракетеносителе вместо челночного корабля размещается груз массой до 100 тонн.

Президент Рейган в своей речи 23 марта 1983 года объявил о решении создать широкомасштабную систему противоракетной обороны (ПРО), размещаемую на Земле и в космическом пространстве, назвав ее «будущим, которое сулит надежду». Для этого на орбиты вокруг Земли должны быть выведены сотни спутников, снабженных лучевым и другими видами оружия «третьего поколения», которое способно поражать баллистические ракеты на участке взлета. Но некоторые специалисты уже сейчас предостерегают: уничтожить все стартовавшие ракеты никогда не удастся, поскольку ракет и боеголовок с ядерным оружием сейчас так много, что даже их небольшая часть может нанести непоправимый ущерб.

Тем не менее планы создания космической системы ПРО в США приобретают все большую реальность. В 1983 году группа военных и ученых разработала программу создания к 1989 году прототипов лучевого оружия для космических систем, а президент Рейган узаконил эти планы в январе 1984 года своей директивой № 119, выделив, по данным американской печати, на ближайшие пять лет 27 млрд. долларов. Необходимо подчеркнуть, что истинная направленность всех этих планов далека от «оборонительных целей». С этими целями концепция милитаризации космоса не имеет ничего общего.

## МНИМОЕ ПРЕВОСХОДСТВО

Очевидная порочность концепции США, основанной на стремлении добиться для себя односторонних преимуществ за счет якобы имеющегося «технологического преимущества», связана с постоянной недооценкой американскими экспертами советского научного и технического потенциала.

Полезно обратиться к истории. Так, в 1945 году Советский Союз выступил с предложением о запрещении ядерного оружия. США, уверенные в том, что Советский Союз, разоренный войной, не сможет ранее чем через 15—20 лет создать атомную бомбу, отклонили это предложение. Но, вопреки предсказаниям американских специалистов, атомную бомбу СССР создал уже в 1949 году.

В начале 70-х годов США оснастили свои межконтинентальные ракеты разделяющимися головными частями (РГЧ) с тем, чтобы одна ракета стала способной поразить несколько ракет другой стороны. Это делалось на фоне пропагандистских речей об обмене «ограниченными ударами», «о контрсилловой борьбе», так что в итоге ракеты с РГЧ были провозглашены чуть ли не «оружием мира». СССР быстро восстановил равновесие, также поставив на вооружение ракеты с РГЧ. Не рассчитывавшие на это, американские политики объявили восстановление стратегического паритета «дестабилизирующим» фактором. То же самое повторяется и сегодня.

Советский Союз сохраняет бдительность и, обладая огромным научно-техническим потенциалом, никогда не допустит превосходства США в космосе.

Правительство Советского Союза вело и продолжает вести борьбу с милитаризацией космоса. Эта борьба полностью согласуется со всей мирной политикой СССР, всей борьбой нашей страны против применения ядерного оружия, за всеобщее замораживание ядерного потенциала, за полное прекращение ядерных испытаний, за объявление Европы территорией, свободной от ядерного оружия.

В мире растет и крепнет движение против ядерного вооружения. Сотни тысяч людей выходят на улицы и выступают против размещения в Западной Европе американских крылатых ракет и ракет «Першинг-2» и превращения Западной Европы в ядерную заложницу США. Некоторые города в Европе объявили себя безъядерными. Имея в виду огромное

политическое и моральное значение массовых выступлений трудящихся за мир, сторонники мира уже сейчас должны еще шире развертывать борьбу против новых зловещих планов, несущих гибель человечеству. Особое место в таких планах занимают проекты размещения оружия в космосе.

Ученые, инженеры, общественные деятели, историки, журналисты, занимающиеся проблемами освоения космического пространства, все сторонники мирного развития космоса должны разъяснить народам опасность политики США в космосе. Большое значение имеет при этом разъяснение населению тех аспектов гонки вооружений, которые специально замазываются или опускаются в рекламно-демагогических речах западных политических и военных деятелей. Дело в том, что если намерения администрации США начать гонку космических вооружений осуществляются, то угроза гибели нависнет над человечеством как в переносном, так и в буквальном смысле слова. Гонка вооружений в космосе похоронит многие, если не все мирные космические программы. В то время как наличие на Земле военных самолетов, кораблей и подводных лодок с ракетами не привело к прекращению мирных переговоров, в космическом пространстве картина другая. Спутники Земли летают над всеми странами, нет «территориального» космоса, нет специально выделенных коридоров для полета — вообще нет и не может быть ограничений. В связи с этим многие сотни космических пусковых установок со смертоносным оружием будут постоянно обращаться вокруг земного шара над всеми странами, морями и океанами. Никто на Земле не сможет чувство-

вать себя в безопасности, никто не будет знать, каким именно оружием оснащены эти космические корабли. С развертыванием космических войск незримо увеличится вероятность случайного возникновения ядерной войны, поскольку для оценки обстановки, когда вдруг выйдет из строя какой-либо космический аппарат и поступит ложный сигнал о нападении, просто не останется времени.

Космическое оружие противоракетной обороны, очевидно, будет очень сложным, и основные системы потребуют длительной отработки в космосе. Поэтому при наличии соглашений, запрещающих вывод оружия в космос, контроль за их выполнением сейчас еще вполне возможен. После же размещения на орбитах каких-либо военных систем договориться о демилитаризации космоса станет действительно во много раз труднее, а может, и вообще нереально.

Прекращение мирной деятельности в космосе явится шагом назад, мрачной страницей в истории человечества. И именно сейчас еще есть возможность сделать так, чтобы этой страницы в истории не было.

Люди стремятся к далеким путешествиям в космосе, к планетам, к звездам, но они все равно, так или иначе, будут возвращаться на Землю... Еще не поздно остановить сползание к ядерной пропасти. Советский народ, народы социалистического содружества, все честные люди на Земле убеждены: разум в итоге победит и человечество не пойдет на самоуничтожение.

### Уважаемые читатели!

Тем, кто еще не подписался на «Землю и Вселенную»  
на 1985 год, напоминаем,  
что подписка на журнал продолжается  
и принимается без всяких ограничений.  
Годовая стоимость подписки — 3 рубля 90 копеек,  
цена отдельного номера — 65 копеек,  
индекс — 70336.



Академик  
Е. П. ВЕЛИХОВ  
Кандидат геолого-минералогических наук  
А. А. ЖАМАЛЕТДИНОВ  
Доктор физико-математических наук  
М. С. ЖДАНОВ

## Эксперимент «Хибины»

**На Кольском полуострове с помощью мощного импульсного МГД-генератора «просвечиваются» до десятков километров в глубину огромные территории. Этот эксперимент — своего рода опытный полигон, на котором проходит испытания новая техника и новая технология глубинных электромагнитных зондирований.**

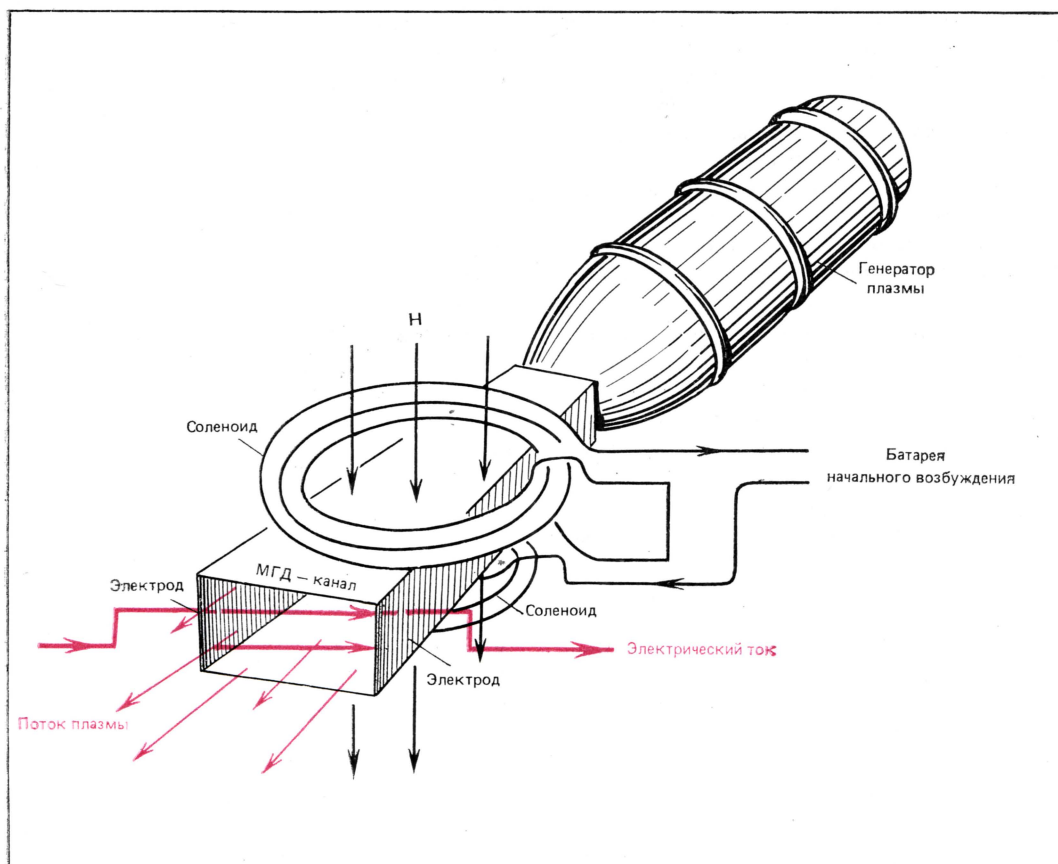
### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В арсенале геофизических методов изучения земных недр наряду с сейсмическими и гравимагнитными важное место занимают электромагнитные. Суть этих методов в том, что первичное (внешнее) электромагнитное поле в проводящих слоях Земли индуцирует электрические токи, которые создают вторичное (внутреннее) поле. Специальные датчики на поверхности регистрируют суммарный эффект этих двух полей. При этом индуцированные в Земле токи и, соответственно, вторичное поле зависят от распределения электропроводности в Земле. Таким образом, по электромагнитным измерениям на поверхности Земли можно определить электропроводность в земных недрах, а она может дать информацию о термодинамическом и фазовом состоянии горных пород на больших глубинах. Это обстоятельство и предопределило огромное прикладное значение глубинных электромагнитных исследований.

Глубинные электромагнитные зондирования земной коры и верхней мантии проводятся в нашей стране и за рубежом с 50-х годов. Но до недавнего времени в них использовались главным образом **естественные источники поля**. Это вариации магнитного поля Земли, возникающие в результате взаимодействия

солнечного корпускулярного излучения (солнечного ветра) с магнитосферой и ионосферой Земли на высотах 100—200 км. Геомагнитные вариации возбуждают в Земле вторичные поля, которые проникают на глубину в десятки и сотни километров и приносят оттуда информацию о строении земных недр. Эти методы получили название **магнитотеллурических методов геофизических исследований**. Основная сложность обработки и интерпретации магнитотеллурических данных связана с тем, что положение и конфигурация магнитосферных и ионосферных источников поля нам неизвестны. К тому же непрерывно меняется во времени их геометрия, а это вносит дополнительную неопределенность в интерпретацию результатов. В связи с этим в последние годы повысился интерес к методам глубинных электромагнитных зондирований с **искусственными источниками**, поскольку в этом случае можно учесть геометрию первичного поля и получить более надежные сведения о глубинном разрезе. Но зато нужны транспортируемые мощные источники тока. Для этой цели применяются автомобильные и дизельные источники мощностью до 60—100 кВт, но они позволяют зондировать Землю до глубины всего лишь несколько километров.

Новый резкий подъем наметился, когда по инициативе Института атомной энергии имени И. В. Курчатова в геоэлектрику стали внедрять мощные импульсные магнитогидродинамические (МГД) генераторы, развивающие в коротких импульсах колоссальную мощность — до 80—100 тыс. кВт. Ясно, что внедрение новой техники в геофизику, так же как и в другие области науки и производства, сопряжено с большими трудностями. Нужно было создать и новую измерительную базу, и иные приемы теоретического анализа и интерпретации результатов. Поэтому сначала поставили серию экспериментов, чтобы решить с помощью МГД-генераторов некоторые конкретные зада-



**Принципиальная схема работы  
МГД-генератора**

чи геоэлектрики. Один из таких экспериментов — «Хибины», осуществляемый на Кольском полуострове при участии Геологического института Кольского филиала АН СССР, Института атомной энергии, Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН) и ряда других организаций.

Кольский полуостров как объект исследований был выбран потому, что он относится к территории Балтийского щита, где на поверхность выходят древнейшие образования Земли. Здесь открывается возможность наиболее полно изучить строение кристаллического фундамента, как правило, почти везде скрытого под осадочными породами. Интересно было также сравнить данные МГД-зондирования с результатами бурящейся на Кольском полуострове сверхглубокой скважины.

#### ИСТОЧНИК «ХИБИНЫ»

МГД-установка «Хибины», работающая на Кольском полуострове, состоит из двух спаренных МГД-генераторов. Каждый представляет собой пороховой ракетный двигатель, преобразующий энергию плазмы в электрический ток. В генераторе плазмы сгорает твердое топливо с добавками легко ионизирующихся веществ. Возникающий при этом электропроводящий поток «холодной» плазмы с температурой около 3000° С быстро проходит из генератора плазмы в МГД-канал прямоугольного сечения. Верхняя и нижняя стенки МГД-канала выполнены из термостойкого изоляционного материала, боковые же имеют металлические покрытия, играющие роль токосъемных электродов. Сверху и снизу от МГД-канала укреплены соленоиды, по которым одновременно с включением генератора плазмы пропускается от батареи начального возбуждения ток большой силы. Ток создает поперечное маг-



нитное поле, в котором поток плазмы резко тормозится. В результате между электродами в плазме — движущемся проводнике — возникает электродвижущая сила, перпендикулярная магнитному полю и течению проводящей плазмы. После того как устанавливается полный ток, один из МГД-генераторов переходит в режим самовозбуждения и подает электрический ток в обмотки своих соленоидов и соленоидов второго генератора, энергия которого целиком расходуется на питание излучающего контура.

Целесообразность использования магнито-гидродинамических генераторов для зондирования земной коры связана с тем, что совпадают три временных масштаба: во-первых, время проникновения магнитного поля в земную кору на глубину в десятки километров (секунды), во-вторых, время существования магнитного поля в медной или алюминиевой катушке определенного веса (тонны) и, в-третьих, время проникновения тепла в конструкции (секунды). Совпадение этих времен позволяет делать компактные и очень мощные системы.

Отличительная особенность излучающего контура «Хибины» в том, что естественным токопроводом служит прибрежная морская полоса вокруг полуостровов Рыбачий и Средний. На перешейке между полуостровом Средний и материковой частью Кольского полуострова установлен алюминиевый кабель массой 160 т. Ток МГД-генератора по кабелю стекает в заливы и диффундирует в море, образуя своеобразные расходящиеся токовые петли радиусом 50—100 км (примерно 15% тока просачивается через породы морского дна в земную кору).

Магнитный момент излучателя по экспериментальным оценкам около  $10^{14}$  А·м<sup>2</sup>; это в миллион раз больше, чем в обычных установках глубинного зондирования, основанных на использовании автомобильных генераторов. Источников такой мощности ранее не знала практика глубинной геоэлектрики.

Вполне закономерно возникает вопрос — не нарушается ли экология моря, когда работают такие источники? Специально сделанные расчеты показали, что плотность тока в море во время эксперимента благодаря охвату больших глубин оказывается незначительной —  $2 \cdot 10^{-2}$  А/м<sup>2</sup>, падение же потенциала на каждый метр не превышает сотую долю вольта. Если к тому же учесть кратковремен-

ность воздействия генератора (10—15 с), то это совершенно безопасно для подводного мира. Расчеты подтвердились при обследованиях морского дна, которые делались сразу после пусков МГД-генератора вблизи места эксперимента.

Мощное магнитное поле источника «Хибины» распространяется высоко вверх, создавая в ионосфере, на высоте около 100 км, возмущения интенсивностью до 10 гамм. При этом могут возникать геофизические эффекты, важные и для интерпретации результатов глубинного зондирования Земли, и для изучения параметров ионосферы.

Таким образом, эксперимент «Хибины» дает возможность решать не одну, а несколько задач, связанных и с физикой Земли, и с ионосферой, и с шельфовой зоной моря.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Экспериментальные наблюдения электромагнитного поля, создаваемого источником «Хибины», проводились на всей территории Кольского полуострова, в Северной Карелии, а в последние годы и на территории Финляндии (максимальное удаление от источника было 750 км). Основные измерения выполнялись на разносах до 400—450 км с применением пятикомпонентных цифровых и аналоговых станций, регистрировавших электрические и магнитные составляющие поля. В этих измерениях, наряду с Геологическим институтом Кольского филиала АН СССР, Институтом атомной энергии, ИЗМИРАНом принимают участие и такие организации, как Ухтинский геофизический трест, Институт геофизики АН УССР, Институт геофизики Уральского научного центра АН СССР, Институт океанологии АН СССР, Киевский государственный университет. Важную роль в осуществлении программы «Хибины» сыграли академик Б. П. Жуков, член-корреспондент АН СССР Г. И. Горбунов, доктор физико-математических наук Ю. М. Волков, доктор технических наук А. В. Писакин.

Громадные масштабы эксперимента позволили по-новому поставить проблему исследования глубинной электропроводности земной коры. На первом этапе изучалась структура проводимости верхней, примерно 10-километровой толщи фундамента на большой площади. Раньше считали, что кристаллический щит — это сравнительно однородная об-

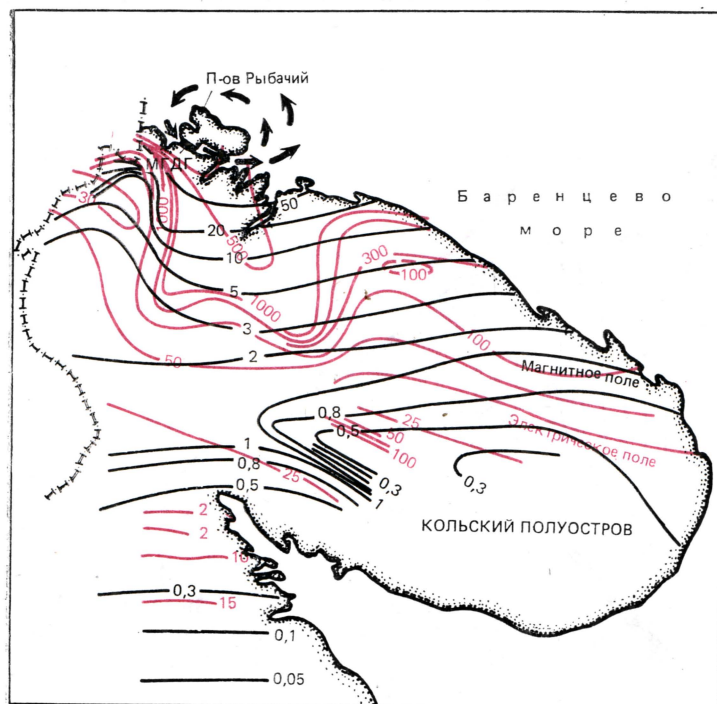


Схема изолиний вертикальной компоненты магнитного поля в гаммах (черные линии) и модуля электрического поля в мВ/км (цветные линии). Построена схема по результатам измерений сигналов МГД-генератора на Кольском полуострове и в Северной Карелии. Наверху стрелками показано направление растекания токов МГД-генератора в море

ласть, сложенная плохо проводящими породами. Данные же МГД-зондирования показали иную картину: исследуемый район составляют **около десятка крупных блоков** разного сопротивления (от  $10^5$  до  $10^2$  Ом·м). Площади их порой достигают десятков тысяч квадратных километров. Наиболее проводящие блоки связаны с перспективными на различные руды территориями, которые представляют интерес для поисковых работ (например, Печенгский, Имандра-Варзугский блоки). Вблизи них резко изгибаются и сгущаются изолинии магнитного и электрического полей.

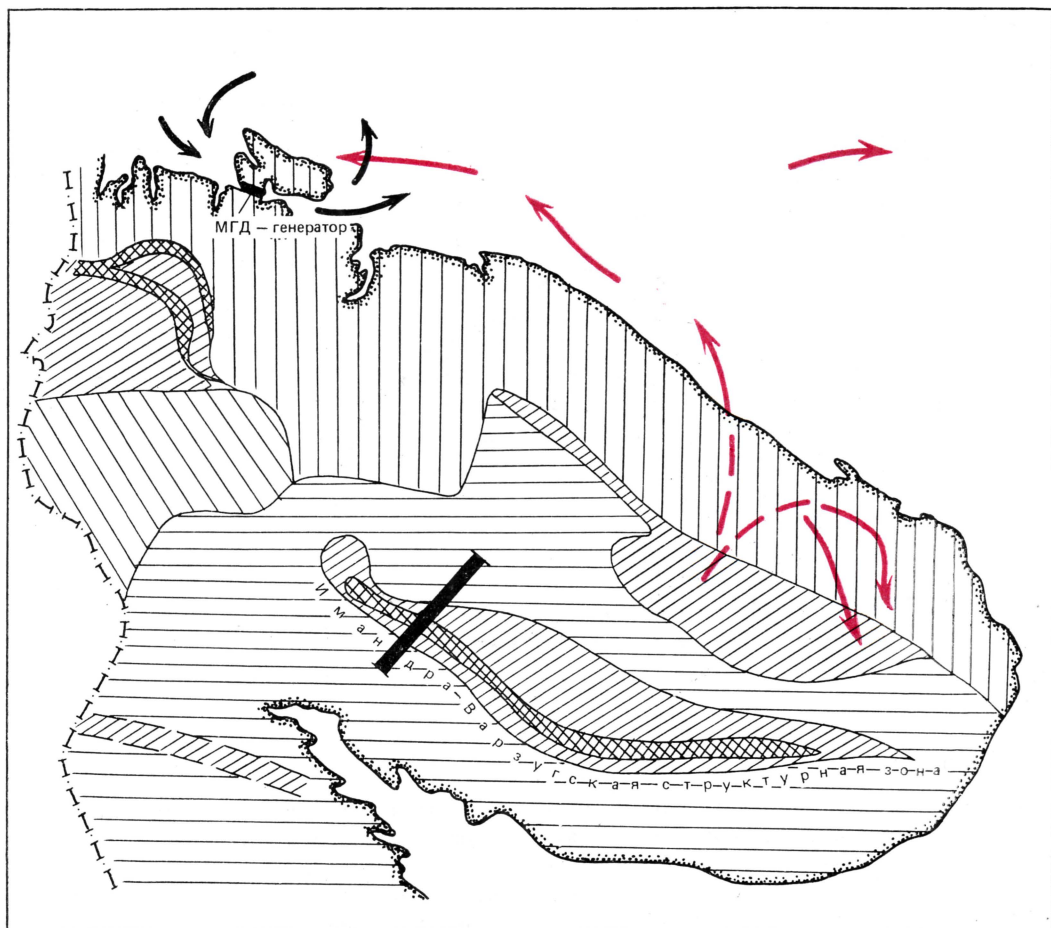
В ходе исследований удалось обнаружить важную особенность — наличие токопроводящих каналов в пределах перспективных на руду блоков. В каналах формируются горизонтальные токи, свидетельствующие о сквозной послышной электрической связи между элементарными проводниками на протяжении иногда более 100 км.

Детальное изучение геометрии этих токов вместе с площадным картированием электромагнитного поля открывает перспективу для исследования **глубинного строения рудных полей** МГД-генератором. Именно таким путем выявили особенности залегания и электриче-

ской связи пород в Печенгской структуре и структуре Имандра—Варзуга. Кроме этих структур, перспективных на медно-никелевое оруденение, удалось выявить и изучить несколько аномалий в районах, перспективных на титано-магнетит и редкоземельные металлы. На территории Финляндии была выявлена не известная ранее, обнаруженная именно в этом эксперименте проводящая зона протяженностью в 100 км. Еще одним важным результатом стала составленная по данным МГД-зондирования **петроэлектрическая схема проводимости** верхней (10-километровой) толщи земной коры на территории Кольского полуострова. Она, несомненно, сыграет свою роль в будущих поисковых геофизических работах.

Первые результаты дал МГД-источник «Хибины» для изучения слоя осадков на шельфе Баренцева моря. В районе одной из структур отмечено резкое увеличение продольной проводимости, что говорит о возрастании мощности осадков.

Все эти работы, хотя и имеющие практическое значение, были всего лишь подготовительным этапом для изучения электропроводности больших — до 100 км — глубин.



**Блоковая структура верхнего 10-километрового слоя земной коры Кольского полуострова, полученная с помощью МГД-зондирования. Различные блоки (показаны разной штриховкой) имеют различную продольную проводимость. Цветными стрелками показаны токопроводящие каналы в пределах рудоперспективных блоков. Жирная короткая линия — один из профилей поля МГД-генератора, сечущий структуру Имандра — Варзуга**

Задача эта имеет уже фундаментальное значение и нужна для изучения физики земных недр, исследования мощности твердой оболочки Земли (литосферы), глубины, на которой расположена кровля разогретых и поэтому хорошо проводящих пород верхней мантии. Однако блоковая структура проводимости верхней части фундамента, выявленная

на первом этапе исследований, затрудняет решение этой задачи. Дело в том, что эхо электромагнитных сигналов, отраженных от глубинных горизонтов, преломляется на границах приповерхностных блоков и трудно поддается расшифровке. Все усложняется еще и тем, что импульсы тока имеют непрямоугольную форму, а параметры морского токового контура меняются по мере дрейфа тока от береговой линии в море. И все же по данным эксперимента удалось показать, что проводящие блоки имеют здесь характер покровных структур мощностью не более 15—20 км. Залегают они на поверхности древнейшего фундамента, сформированного на самой ранней стадии развития Земли. Обширные обнажения этого древнейшего фундамента были обнаружены еще на первом этапе исследований на территории Мурманского блока, в Ковдорском районе, в Северной Карелии и в

Финляндии. Такие зоны высокопроводящих пород, очевидно, служат своеобразными окнами для электромагнитного поля, сквозь которые можно «просматривать» недра до больших глубин. Именно в этих зонах и сосредоточивались работы по глубинному электромагнитному зондированию с МГД-генератором.

Для изучения верхней части земной коры применялся метод частотного электромагнитного зондирования (в диапазоне частот 1000—0,05 Гц). Полученный геоэлектрический разрез можно рассматривать в качестве «эталонного» разреза кристаллического фундамента, характерного для щитов и древних платформ. Особенность его — высокое сопротивление и большая мощность промежуточного плохо проводящего слоя. Подкорковый проводящий слой в верхней мантии, обусловленный воздействием высокой температуры, был обнаружен на глубине 100—150 км.

Геологическая интерпретация данных показывает, что литосфера щитов «сухая». Породы быстро «высушиваются» с глубиной, и через 20—30 км под поверхностью свободной воды практически нет. Поскольку средний геотермический градиент здесь невысокий, то можно утверждать, что литосфера щитов относительно «холодная»: температура в подошве земной коры (уровень 40 км) не превышает 400°С. Эти данные, полученные в прямом эксперименте, сразу же отвергли гипотезу о возможном существовании на территории щитов неглубоко залегающих в коре проводящих слоев флюидной природы. С помощью этих данных объясняются и некоторые особенности температурных и электрических измерений в стволе сверхглубокой скважины.

Интересные наблюдения во время эксперимента сделали сотрудники Полярного геофизического института Кольского филиала АН СССР и Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР. Они оценили воздействие МГД-источника «Хибины» на процессы, протекающие в ионосфере. С этой целью были выполнены оптические наблюдения с самолета, измерялись магнитные вариации, проводилось вертикальное зондирование ионосферы, изучались отражения коротких электромагнитных волн на неоднородностях ионосферы методом некогерентного рассеяния. Во время эксперимента в ионосфере возникал локаль-

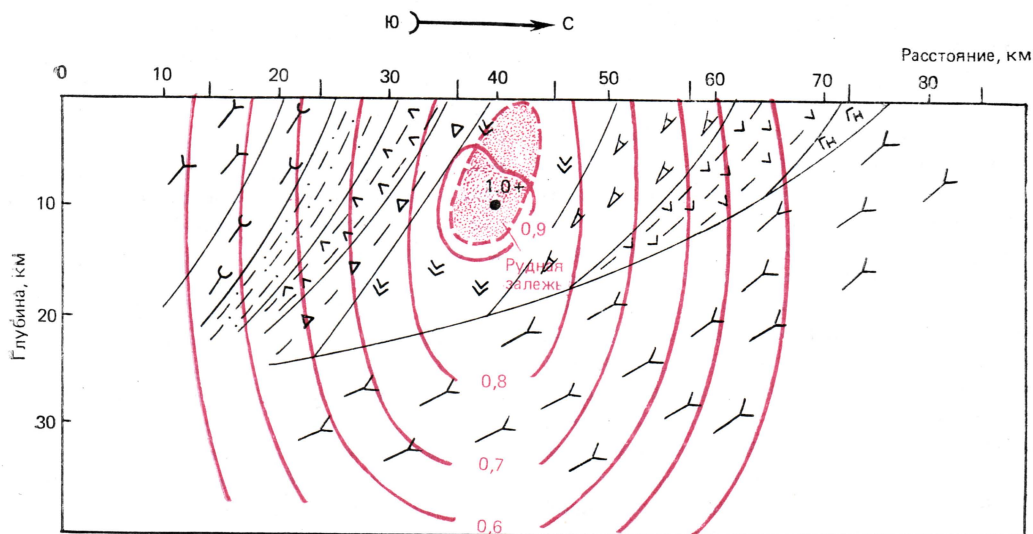
ный Е-слой. Через 8 секунд после импульса МГД-генератора этот искусственно созданный слой распадался на два: верхний поднимался вертикально на 30—40 км, затем опускался. Все эти успешно проведенные наблюдения показали, что можно искусственно воздействовать на ионосферу, а это имеет важное значение для совершенствования дальней радиосвязи.

## НОВЫЕ МЕТОДЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Полученный в эксперименте «Хибины» богатый геофизический материал еще нельзя считать окончательным. Предстоит большая работа в различных направлениях. Ближайшая задача МГД-зондирований — составление **объемной схемы проводимости земной коры** и детализация рудоперспективных аномалий. Благодаря охвату больших пространств при неизменном расположении контура электромагнитное поле источника «Хибины» на базе МГД-генератора можно рассматривать как новое геофизическое явление, наравне с гравитационным и магнитным полями.

По существу, основная задача экспериментальных исследований состоит как раз в изучении пространственно-временной структуры электромагнитного поля МГД-источника на поверхности Земли. Особенности структуры этого поля отражают особенности геологического строения глубинных слоев Кольского полуострова. Количественная интерпретация электромагнитных данных заключается в построении объемной геоэлектрической модели Кольского полуострова, характеризующей вертикальные и горизонтальные изменения электропроводности горных пород. Такая постановка задачи — принципиально новая для электромагнитных методов зондирования, поскольку раньше при зондированиях рассматривались лишь одномерные геоэлектрические модели, в которых электропроводность изменяется только по вертикали. Чтобы эффективно решить эту задачу, нужно прежде всего разработать **математические методы моделирования электромагнитных полей** в трехмерно-неоднородных проводящих средах. Такая работа проводится в последние годы в ИЗМИРАНе, МГУ и других организациях страны. Средства математического моделирования позволяют строить алгоритмы интерпретации электромагнитных данных, основанные на целенаправленном подборе параметров геоэлектрической модели.





|  |                   |  |                      |  |                    |
|--|-------------------|--|----------------------|--|--------------------|
|  | Плагииграниты     |  | Вулканыты            |  | Черные сланцы      |
|  | Гранито-гнейсы    |  | Вулканыты и эффузивы |  | Основные вулканыты |
|  | Биотитовые гнейсы |  | Эффузивы             |  | Габбро-нориты      |

«Геозлектрическое изображение» разреза структуры Имандра — Варзуга вдоль профиля, показанного на схеме блоковой структуры. Изображение сопоставлено с геологическим разрезом. Видно, что изолинии миграционного поля (в условных единицах) оконотуривают рудную залежь

При этом необходимо иметь в виду, что расчет каждой объемной модели сейчас занимает на ЭВМ еще много времени (до десятков часов) и, кроме того, успех указанного подбора параметров во многом зависит от удачного выбора начальных параметров модели. Поэтому большое внимание в последние годы теоретики уделяют методам экспресс-интерпретации геофизических данных, позволяющим оперативно получать некое начальное представление о геозлектрическом разрезе Земли.

К числу таких методов относится, например, метод миграции электромагнитного поля, который переносит на случай поля МГД-генератора идеи оптической голографии. Оптическая голография, как известно, позволя-

ет по голограмме, на которой зафиксирована не только амплитудная, но и фазовая структура электромагнитного поля, восстановить объемное изображение объекта. Для этого достаточно лишь осветить голограмму когерентным пучком света, излучаемым лазером (Земля и Вселенная, 1984, № 3, с. 17.—Ред.). При зондированиях с МГД-генератором на поверхности Земли — огромной пространственной «голограмме» — вместо световых волн зафиксированы амплитуда и фаза электромагнитного поля, создаваемого МГД-источником. Процедура освещения голограммы когерентным пучком света заменяется тем, что в точках земной поверхности, где расположены датчики электромагнитного поля, размещаются фиктивные сторонние источники токов и зарядов, интенсивности которых меняются в обратном времени  $\tau = T - t$  (где  $t$  — обычное время, а  $T$  — интервал регистрации МГД-сигнала) по определенному закону.

Электромагнитное поле, создаваемое такими фиктивными источниками (миграционное поле), так же, как и в обычной голографии, формирует «геозлектрическое изображение» глубинного строения Земли. Эта мето-

Член-корреспондент АН СССР  
**Н. С. КАРДАШЕВ**  
Доктор физико-математических наук  
**И. Д. НОВИКОВ**  
Кандидат физико-математических наук  
**Б. Е. ШТЕРН**



## Центр Галактики

**Данные наблюдений в радио-, инфракрасном, рентгеновском и гамма-диапазонах позволяют допустить, что в центре Галактики находятся одна или две сверхмассивные черные дыры.**

### ТАИНСТВЕННЫЕ ОБЛАСТИ ВСЕЛЕННОЙ

В центре Галактики, на расстоянии  $\sim 10$  килопарсек от Солнца, вероятно, находится ближайшая к нам и пока загадочная «машина», подобная тем, которые действуют в центрах сверхмощных источников энерговыделения во Вселенной — в ядрах активных галактик и квазаров (Земля и Вселенная, 1969, № 2, с. 25.— Ред.). Центр Галактики неизмеримо ближе к нам, чем далекие квазары и галактики, поэтому его изучение дает возможность получить множество данных о физической природе сверхмощных источников энерговыделения, начать исследовать воздействие центральных областей галактик на звезды и газовые облака, чтобы в конце концов понять принцип действия и устройство таких «машин», их роль в образовании и развитии галактик (Земля и Вселенная, 1973, № 3, с. 25.— Ред.).

Мощность излучения ядра нашей Галактики составляет около  $10^{41}$  эрг/с, а энергия взрывов, происходивших там, за последний миллиард лет не превосходит  $10^{58}$  эрг — это в миллион и тысячу раз меньше, чем соответствующие значения для наиболее активных галактик и квазаров. Сейчас принято считать, что и центр Галактики, и ядра активных галактик и квазаров имеют общую природу, отличаясь только по массе, мощности излучения и переживаемому этапу эволюции. Наиболее вероятно, что центральная «машина», обеспечивающая активность квазаров и галактических ядер, — это **сверхмассивные черные дыры** (Земля и Вселенная, 1976, № 1, с. 54; 1980, № 3, с. 52.— Ред.). Основным источником энерговыделения черной дыры может быть **энергия ее вращения**. Для черной дыры с массой в 100 млн. масс Солнца полный запас энергии ее вращения может быть  $\sim 5 \cdot 10^{61}$  эрг. Как известно, сама сверхмассивная черная дыра излучает из-за квантовых процессов очень слабо, и такое слабое излучение невозможно обнаружить. Она также не может выбрасывать из себя вещество. Но если в окрестностях вращающейся черной дыры есть, например, скопления звезд, то звезды, пролетая вблизи черной дыры, будут разрываться под действием приливных сил

дика позволила, в частности, уточнить глубинное строение рудоперспективного Имандра-Варзугского блока.

Таким образом, использование новой техники для глубинных электромагнитных исследований — мощных МГД-генераторов — потребовало решения большого и сложного комплекса проблем, начиная с создания новых образцов полевой измерительной электромагнитной аппаратуры и кончая разработкой

специального математического аппарата интерпретации. В этой связи результаты, полученные в эксперименте «Хибины», свидетельствуют о том, что метод электромагнитного зондирования Земли с мощным источником тока открывает принципиально новые возможности для глубинных геофизических исследований.



или разрушаться в результате столкновений, превращаясь в газ. Этот газ с вмороженным в него магнитным полем постепенно падает к черной дыре. При этом возникают процессы, тормозящие вращение черной дыры и генерирующие сверхмощное электромагнитное излучение и высокоэнергетичные пучки частиц (вплоть до ультрарелятивистских энергий).

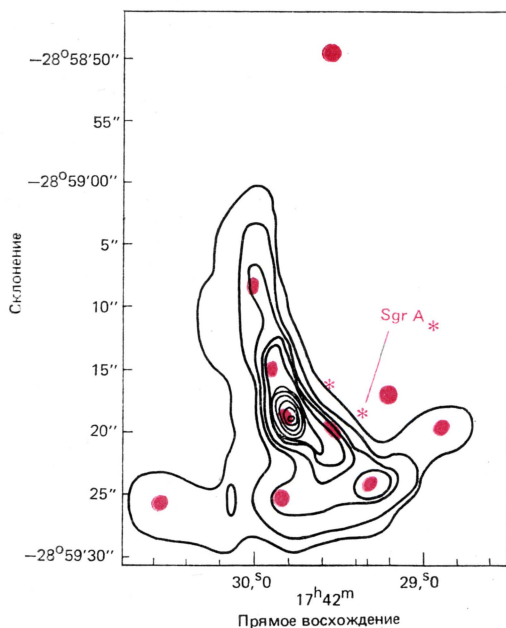
Черные дыры в центрах галактик и квазаров образовались либо задолго до возникновения галактик, либо в процессе их эволюции. В первом случае черные дыры служили центрами конденсаций галактик. Во втором — черные дыры возникали в геометрических центрах галактик, где была наибольшей плотность звезд и газа, а следовательно, наиболее вероятен процесс гравитационной конденсации сверхмассивного тела. Масса центральной черной дыры должна увеличиваться по мере падения в нее окружающего вещества. В центрах галактик могут возникать не только одиночные, но и двойные черные дыры, образующиеся в результате столкновений галактик или при конденсации вращающегося газового облака.

Таковы современные представления о возможных процессах, протекающих в центральных районах галактик. Однако прямых доказательств существования сверхмассивных черных дыр и правильности изложенных представлений пока нет...

## ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ

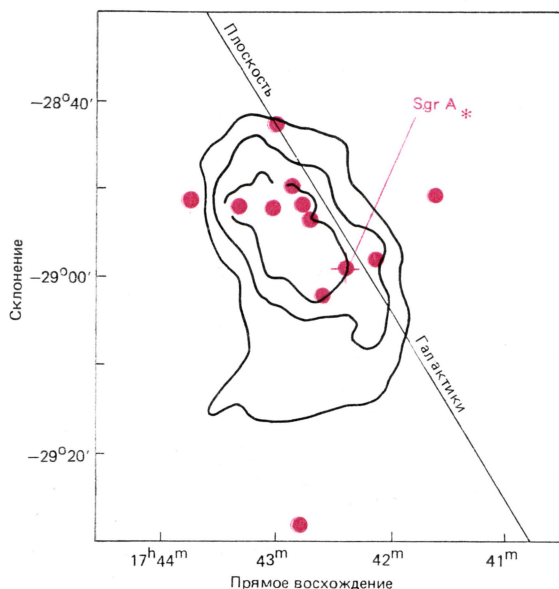
Для ответа на очень важный вопрос — есть ли черная дыра в центре нашей Галактики — необходимо использовать все виды наблюдений, способных дать информацию об этой загадочной области. Но, поскольку облака межзвездной пыли, скрывающие от нас центр Галактики и ослабляющие свет на 30 звездных величин (то есть в  $10^{12}$  раз!), исключают оптические наблюдения, первостепенное значение имеют методы радио-, инфракрасной, рентгеновской и гамма-астрономии.

Мы уделим особое внимание необычным объектам, недавно обнаруженным в районе «центрального парсека». Это **спиральная туманность, компактный нетепловой радиоисточник Sgr A\* (Стрелец A\*)** и **источник аннигиляционной линии** (это свечение с энергией квантов 511 кэВ возникает при аннигиляции электронов и позитронов).



Распределение интенсивности излучения на длине волны  $\lambda = 100$  мкм. Показано и расположение главных источников в инфракрасном диапазоне

Схема расположения уникального скопления рентгеновских источников в центре Галактики, полученная по данным космической обсерватории имени А. Эйнштейна





В направлении на центр Галактики находится один из самых мощных **радиоисточников** Sgr A, угловые размеры которого составляют около  $2''$ . Этот источник состоит из двух объектов: **Западный источник** Sgr A(W) — собственно центр Галактики и **Восточный источник** Sgr A(E) — остаток сверхновой около центра Галактики (Земля и Вселенная, 1978, № 2, с. 30.—Ред.). На карте центральной части радиоисточника Sgr A(W) хорошо видна спиральная туманность с тремя рукавами, образованными облаками ионизованного газа. Компактный нетепловой радиоисточник Sgr A\* не совпадает с центром спиральной туманности Sgr A<sub>s</sub>, он смещен в северо-восточном направлении примерно на  $2''$ .

Рассмотрим схему распределения интенсивности излучения на длине волны 100 мкм и расположения главных инфракрасных источников (диапазон длин волн 1—20 мкм). Главные источники излучения в инфракрасном диапазоне в основном совпадают с максимумами яркости спиральной туманности, наблюдаемыми в радиодиапазоне.

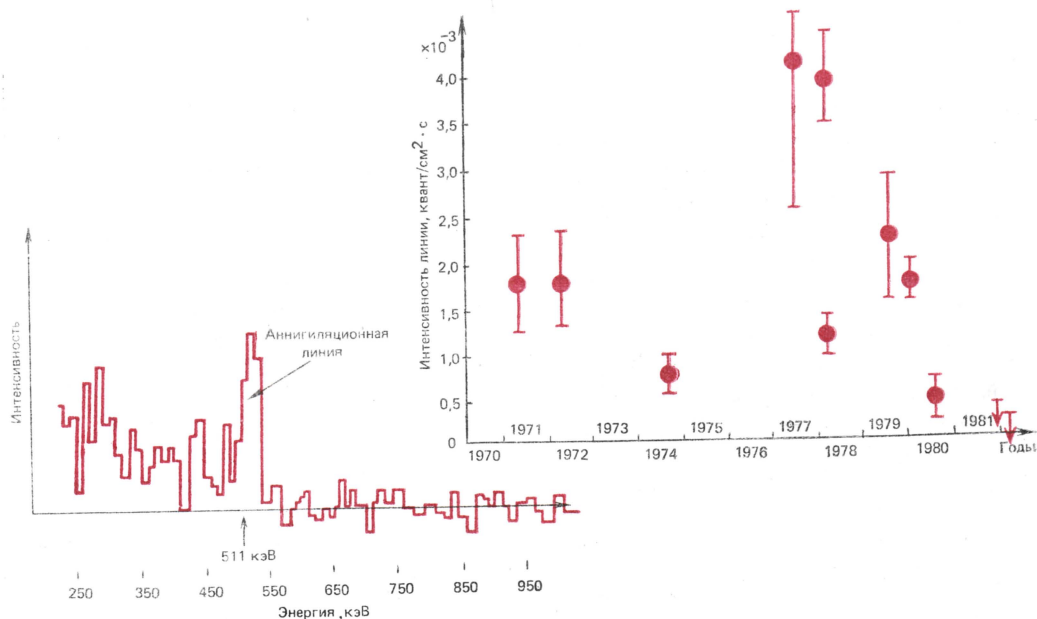
Радиоисточнику Sgr A\* в ближнем **инфракрасном диапазоне** (около 1 мкм) соответствует звездообразный объект, спектр которого

пока еще не исследован. Диффузная часть инфракрасного излучения складывается из суммарного излучения звезд (на волнах короче 10 мкм) и излучения пылевых облаков, находящихся в непосредственной близости от центра Галактики. Концентрация звезд и температура пыли монотонно возрастают по мере приближения к центру. Пыль, окружающая центр, образует, по-видимому, кольцо диаметром  $1'$ , лежащее вблизи галактической плоскости.

В **рентгеновском диапазоне** около центра Галактики обнаружено уникальное скопление источников. Измерено распределение диффузного излучения в диапазоне 0,5—4 кэВ. Примечательно, что положение самого сильного рентгеновского источника совпадает с положением радиоисточника Sgr A.

Совершенно необычное явление обнаружено при наблюдении центра Галактики в **гамма-диапазоне** — излучение в виде узкой спектральной линии с энергией квантов около 511 кэВ. Этой линии присущи две особенности. Во-первых, поражает необычная узость линии и отсутствие доплеровского смещения (менее 0,06%), так что ни профиль, ни лучевую скорость источника не удастся измерить ни одним из существующих спектрографов. Во-вторых, наблюдается необычно сильная переменность интенсивности излучения. Линия наблюдалась в течение 70-х годов и исчезла к

Слева: спектр излучения центра Галактики в гамма-диапазоне.  
Справа: изменение интенсивности аннигиляционной линии с течением времени



1981 году. Точность определения координат источника в гамма-диапазоне не превышает  $0,5^\circ$  (по результатам наблюдений покрытия центра Галактики Луной в 1973 году). Особенности гамма-излучения и малая лучевая скорость источника (она меньше 150 км/с), позволяют предположить, что он совпадает с центром радиоисточника Sgr A.

Из оценок мощности излучения центра Галактики видно, что наибольшее энерговыделение соответствует оптическому и ультрафиолетовому диапазонам ( $\sim 10^{41}$  эрг/с). Такие оценки следуют из расчетов ионизации газа, окружающего центр в пределах  $\sim 1$  пк, и излучения пыли в объеме радиусом  $\sim 3$  пк, также поглощающей часть оптического излучения и переизлучающей его в инфракрасном диапазоне.

### СТРУКТУРА ГАЛАКТИЧЕСКОГО ЯДРА

Что же сейчас уже можно сказать о строении центра нашей Галактики? Важнейшая деталь центра Галактики — звездное скопление, имеющее форму эллипсоида вращения и обладающее резко растущей концентрацией звезд к центру. Большая полуось эллипсоида лежит в плоскости Галактики, а малая — расположена вдоль оси вращения. Масса центрального скопления составляет  $1,1 \cdot 10^{10} M_\odot$ . Плотность возрастает пропорционально  $R^{-1,8}$ , превышая внутри объема радиусом 0,1 пк величину, равную  $3 \cdot 10^7 M_\odot/\text{пк}^3$ . От центрального звездного скопления отходят два спиральных рукава. Эти газовые рукава простираются на расстояние до 3—4,5 кпк. Они участвуют во вращении вокруг центра Галактики и удаляются от него со скоростью расширения на границе  $\sim 50$  км/с.

В центральном звездном скоплении на расстоянии 120 пк от центра находится крупнейший в Галактике компактный объект Sgr B2 с массой  $3 \cdot 10^6 M_\odot$  и диаметром  $\sim 30$  пк. Он состоит из газа, пыли и молодых звезд. В спектре Sgr B2 наблюдаются радиолинии всех видов молекул, когда-либо обнаруженных в других источниках нашей Галактики.

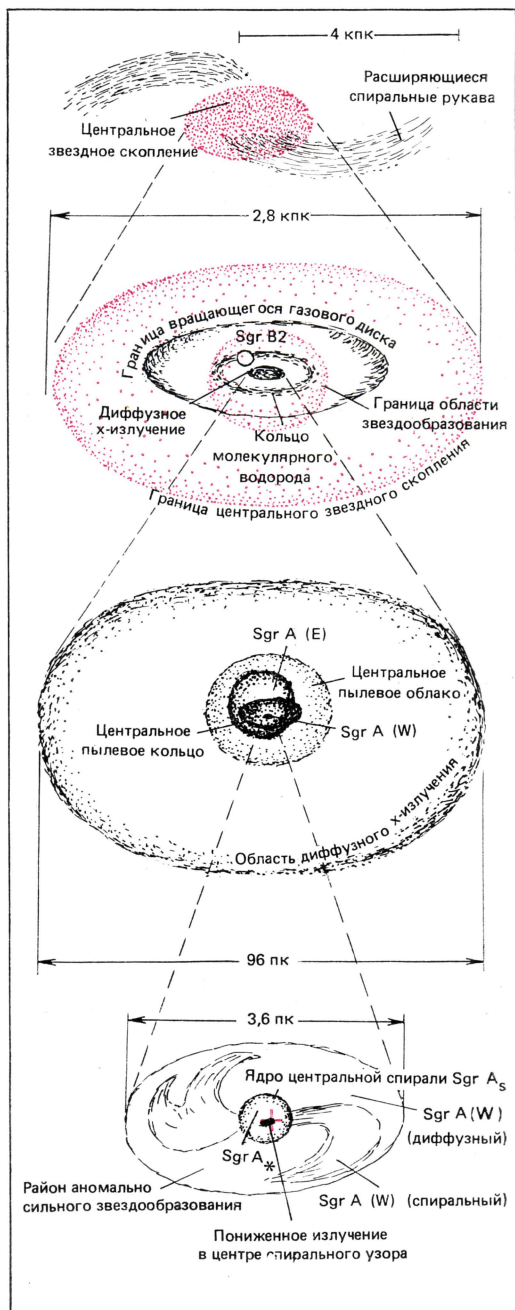
На расстоянии 700 пк от центра Галактики находится граница газового диска, состоящего преимущественно из молекулярного водорода и имеющего массу, равную  $10^8 M_\odot$ . Внутри него проходит внешняя граница области возникновения звезд.

Еще ближе к центру обнаруживается вра-

### МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА В РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНАХ

| Диапазон                                                                         | Мощность (эрг/с)                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Оптическое и ультрафиолетовое излучение (по наблюдениям инфракрасного излучения) | $\sim 10^{41}$                                                                    |
| Ненаправленное гамма-излучение (511 кэВ)                                         | $\text{Max} \sim 3 \cdot 10^{38}$                                                 |
| Излучение линии 511 кэВ                                                          | $\text{Max} \sim 3 \cdot 10^{38}$                                                 |
| Жесткое рентгеновское излучение (100—500 кэВ)                                    | $\sim 2 \cdot 10^{37}$                                                            |
| Рентгеновское излучение (10—100 кэВ)                                             | $\sim 2 \cdot 10^{37}$                                                            |
| Рентгеновское излучение (1—10 кэВ)                                               | $\sim 2 \cdot 10^{35}$                                                            |
| Радиосубмиллиметровое излучение                                                  | $\sim 4 \cdot 10^{35}$                                                            |
| Энергия пучка релятивистских частиц                                              | $\sim 10^{40}$ (электроны, позитроны)<br>$\sim 10^{42}$ , если ускоряются протоны |
| Энергия пучка гамма-квантов                                                      | $\sim 10^{40} - 10^{41}$                                                          |

щающееся и расширяющееся кольцо молекулярного водорода массой  $10^7 M_\odot$ , которое окружает район диффузного рентгеновского излучения, вытянутый вдоль плоскости Галактики. В этом районе есть центральное пылевое облако (с плотностью пыли равной  $10^{-22}$  г/см<sup>3</sup>), содержащее объект Sgr A(E) — оболочку сверхновой. Здесь же находится район аномально сильного звездообразования Sgr A(W), который содержит в себе 14 компактных облаков ионизованного газа, причем 7 из них расположено внутри объема радиусом 1 пк. Внутри облаков обнаружены 7 необычно мощных и молодых звезд — красных сверхгигантов. Всего в Галактике найдено 76 таких звезд. Отсюда следует, что скорость звездообразования в единице объема этого района по крайней мере в 20 раз выше, чем где-либо в Галактике. Весь район аномально сильного звездообразования является также источником синхротронного излучения, то есть заполнен релятивистскими электронами, движущимися в магнитном поле. Порождает эти электроны, по-видимому, объект, расположенный в самом центре Галактики. Здесь же находится уже знакомая нам центральная спиральная ту-



Структура центра Галактики

манность, состоящая из двух (или трех) струй ионизованного газа. Большая ось этого в целом эллиптического распределения яркости лежит в

плоскости Галактики. (Из соотношения большой и малой осей следует, что вся картина спиральной туманности наклонена к галактической плоскости на  $30^\circ$ .) Полная масса ионизованного газа составляет около  $60 M_\odot$ , электронная концентрация в разных участках спиралей меняется от  $10^3 \text{ см}^{-3}$  до  $5 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$ . Данные о лучевых скоростях пока не позволяют однозначно установить характер движения газа в спиральных рукавах: выброс это, вращение или падение к центру? Область Sgr As — это ядро спиральной туманности и центр симметрии спирального узора. Интенсивность радиоизлучения здесь меньше. (Большая ось этого несколько вытянутого образования приблизительно перпендикулярна плоскости Галактики.) Физические процессы, протекающие в этой области, пока плохо изучены. Внутри ядра спиральной туманности расположен сверхкомпактный радиоисточник Sgr A\*. Его размеры и мощность радиоизлучения не всегда стабильны (они могут сильно меняться со временем). Угловой диаметр источника растет пропорционально квадрату длины волны наблюдений. Такая зависимость характерна для процесса рассеивания радиоволн на облаках плазмы.

Изменение размера со временем, вероятно, связано с переменностью самого объекта или рассеивающей среды в ближайших его окрестностях. Процесс рассеивания становится малым только на самых коротких волнах (менее 1 см). Минимальный размер  $\sim 10 \text{ а. е.}$  был получен в 70-х годах. В 1983 году размер этого источника на  $\lambda \approx 3,6 \text{ см}$  был равен  $120 \cdot 150 \text{ а. е.}$  Большая полуось источника примерно перпендикулярна плоскости Галактики. Радиоизлучение источника Sgr A\* имеет необычный для галактических объектов спектр. У него спектральная плотность потока увеличивается с ростом частоты наблюдений. Однако такой же вид спектра наблюдается и у ядер некоторых других галактик и квазаров (например, близких галактик M 81 и M 104).

Таким образом, вся иерархия объектов указывает, что в самом центре Галактики находятся один или два необычных объекта: центр спиральной туманности Sgr As и компактный нетепловой радиоисточник Sgr A\*. Весьма вероятно, что один или оба этих объекта ответственны за большую часть явлений, наблюдаемых вокруг них. Именно это обстоятельство и позволяет предположить, что в районе центра Галактики существует одиночная или двойная черная дыра.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, СВЯЗАННЫЕ С УНИКАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Рассмотрим возможные физические процессы, которые способны объяснить всю совокупность наблюдательных данных, относящихся к спиральной туманности, компактному нетепловому радиоисточнику и источнику аннигиляционной линии.

**Центральная спиральная туманность** состоит из двух или трех рукавов ионизованного газа. Наблюдаемое доплеровское смещение спектральных линий излучения этих газовых рукавов приводит к выводу, что скорости около центра спирали значительно выше, чем на периферии. Увеличение скорости, вероятно, связано с влиянием гравитации сверхмассивного тела. Оценки его массы приводят к значениям в несколько миллионов солнечных масс. Возможны следующие три гипотезы о природе спиральной туманности. Согласно первой, каждый спиральный рукав — это облако межзвездного газа, которое затягивается по спиральной орбите к центру сверхмассивной черной дыры. Во-вторых, газ может образовываться при разрушении звезд приливными силами черной дыры или в результате столкновений звезд друг с другом, а затем выбрасываться в двух направлениях вдоль оси вращения черной дыры. Характерная спиральная структура возникает в результате прецессии оси вращения черной дыры. Наконец, согласно третьей гипотезе, спиральный узор ядра возникает так же, как и спиральная структура всей Галактики, — то есть представляет собой волну плотности в центральном звездном скоплении. Дальнейшие исследования, видимо, уже в ближайшее время позволят решить этот вопрос более однозначно.

**Компактный нетепловой радиоисточник Sgr A<sub>\*</sub>** в центре Галактики, судя по характеристикам его радиоизлучения, порождается, вероятно, релятивистскими частицами (электронами и позитронами с концентрацией  $\sim 6 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$  примерно одной энергии — около 800 МэВ), движущимися в магнитном поле напряженностью порядка 0,1 Гс в объеме диаметром около 10 а. е. Поскольку полная энергия релятивистских частиц намного превышает энергию магнитного поля, они должны непрерывно вылетать из этой области. Полная мощность потока вылетающих частиц составляет  $\sim 10^{40}$  эрг/с. При этом запас релятивистских частиц должен непрерывно пополняться, а сле-

довательно, должен существовать какой-то механизм, порождающий новые релятивистские частицы. Такой механизм может быть связан с центральной черной дырой. Он работает следующим образом. Падающий на вращающуюся черную дыру межзвездный газ образует тороидальное кольцо, ось которого совпадает с осью вращения черной дыры. Магнитное поле этого тороида при вращении возбуждает индукционное электрическое поле, направленное вдоль оси вращения. Это электрическое поле и ускоряет частицы до релятивистских энергий. При этом в окрестностях черной дыры происходят столкновения релятивистских электронов и позитронов с отдельными квантами оптического излучения ионизованного газа, находящегося внутри тороида. Кванты приобретают большую энергию и становятся гамма-квантами. Очень энергичные гамма-кванты в свою очередь могут сталкиваться с тепловыми фотонами, рождая электрон-позитронные пары. В результате все электроны и позитроны приобретают примерно одну и ту же энергию, величина которой зависит только от напряженности электрического поля и интенсивности оптического излучения. Наблюдаемый спектр радиоизлучения компактного радиоисточника Sgr A<sub>\*</sub> хорошо соответствует такому моноэнергетическому спектру релятивистских частиц. Возникшее гамма-излучение будет направлено в ту же сторону, что и движение частиц, то есть вдоль оси тороида. Чтобы обеспечить мощность пучка частиц  $10^{40}$  эрг/с, вращающаяся черная дыра должна иметь массу в несколько миллионов солнечных масс.

**Источник аннигиляционной линии**, вероятно, совпадает с центром спиральной туманности Sgr A<sub>\*</sub>, либо с компактным радиоисточником Sgr A<sub>\*</sub>. Это удастся надежно установить только тогда, когда угловое разрешение в гамма-диапазоне будет доведено до  $1''$ . Позитроны, необходимые для излучения узкой спектральной линии, могут порождаться пучком гамма-квантов, который возникает вдоль оси тороида. Модель, в которой гамма-кванты порождают позитроны, взаимодействуя с достаточно плотным облаком межзвездного газа, была рассчитана на ЭВМ. Оказалось, что для наилучшего согласования модели с наблюдениями необходим пучок гамма-излучения с энергией квантов  $\sim 100$  МэВ. Такие кванты как раз и возникают внутри полярной воронки тороида при столкновении релятивистских элект-



тронов с тепловым излучением горячего газа. Полная энергия пучка гамма-квантов может достигать  $10^{40}$ — $10^{41}$  эрг/с. Однако он не направлен к Солнечной системе и проявляется только по рассеянному излучению, образованию электронно-позитронных пар и их аннигиляции в облаках межзвездного газа, освещаемых этим направленным пучком. Отношение мощности наблюдаемого излучения в линии к мощности непрерывного спектра, а также форма непрерывного спектра близки к величинам, получаемым в этой модели. Естественно применить рассмотренные процессы также для других внегалактических объектов. Наиболее сильных эффектов следует ожидать в том случае, когда ось ускоряющей воронки (а следовательно, и пучок релятивистских частиц и пучок гамма-квантов) направлены на наблюдателя. В этом случае ожидается аномально сильное излучение во всех диапазонах и особенно сильное — в гамма-диапазоне. С подобным явлением мы, вероятно, встречаемся в «сверхсветовых» источниках радиоизлучения (Земля и Вселенная, № 1, 1978, с. 4.—Ред.). Разлет компонентов этих объектов с очень большими скоростями в картинной плоскости может быть объяснен, по-видимому, только движением этих компонентов под малыми углами к лучу зрения со скоростями, очень близкими к скорости света. Один из таких объектов — квазар 3С 273 — наблюдался с помощью гамма-телескопов. И действительно, максимум излучения этого объекта располагается в диапазоне 1—10 МэВ.

#### КАК ЖЕ РАБОТАЕТ ЦЕНТРАЛЬНАЯ «МАШИНА»?

Наиболее полно описывает всю совокупность наблюдаемых явлений следующая мо-

дель галактического ядра. В центре нашей Галактики, вероятно, находятся одна или две черных дыры с массами около  $10^6 M_{\odot}$ . Места их расположения: компактный радиоисточник Sgr A\* и центр спиральной туманности Sgr As. Вокруг черных дыр расположены аккреционные диски (тороиды, образованные газом, падающим в черные дыры), мощное излучение которых в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах ионизует газ в пределах 1 пк и разогревает пыль на расстоянии 3—10 пк от центра. Вдоль оси вращения черной дыры электрическое поле ускоряет частицы до релятивистских энергий. Синхротронное излучение релятивистских электронов дает наблюдаемый спектр радиоизлучения. Рассеяние этого излучения на тех же релятивистских электронах дает рентгеновский спектр излучения. Рассеяние оптического излучения внутри области ускорения релятивистских электронов дает направленный пучок гамма-квантов. Если на пути этого пучка встречается компактное облако газа, то рассеянное излучение содержит узкую аннигиляционную линию и непрерывный спектр. Переменность интенсивности этой линии и непрерывного спектра можно объяснить как движением облака газа, освещаемого гамма-пучком, так и изменением интенсивности пучка гамма-квантов или его направления в пространстве.

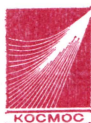
Конечно, рассмотренная модель пока не более чем гипотеза, справедливость которой предстоит подтвердить или опровергнуть. Для этого особенно важны детальные исследования центральной части ядра диаметром 0,1 пк, охватывающей оба загадочных объекта Sgr A\* и Sgr As.



### Самая далекая звезда Галактики!

Красный гигант 18-й звездной величины в созвездии Весов — самая далекая звезда Галактики. Ее обнаружили случайно в процессе отождествления рентгеновских источников, открытых орбитальной обсерваторией «Эйнштейн».

Для отождествления рентгеновских источников с оптическими Б. Маргон и его коллеги из Вашингтонского университета (США) проанализировали спектры всех оптических источников, расположенных в квадрате  $3' \times 3'$  (угловое разрешение рентгеновского телескопа). При этом они и обнаружили красную «углеродную» звезду, то есть звезду, в спектре которой присутству-



**М. С. АГАФОНОВ**  
Кандидат технических наук  
**В. Л. ЛЕВТОВ**  
Доктор физико-математических наук  
**Л. В. ЛЕСКОВ**  
Доктор технических наук  
**В. В. САВИЧЕВ**

## Технологические эксперименты на высотных ракетах

**Производство в космосе новых улучшенных и уникальных материалов — задача технологии завтрашнего дня. Эксперименты на высотных ракетах имеют важное значение для создания научных основ такого производства.**

### ПОЧЕМУ ЖЕ ИМЕННО РАКЕТА?

Условия проведения экспериментов на высотных ракетах и на стационарных орбитальных космических аппаратах (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 25; 1982, № 2, с. 28. — Ред.) заметно различаются уровнем микроускорений, характеризующих состояние невесомости на борту. Набрав скорость, в несколько раз меньшую, чем требуется для орбитального полета, ракета за пределами плотных слоев атмосферы движется, как тело, находящееся в свободном падении. На высотах более 250 км, где атмосфера весьма разрежена, скорость ракеты уже незначительна. Поэтому торможе-

ние, обусловленное сопротивлением атмосферы, становится все меньше. Нет и вибрации или переменных микроускорений, которые на станции вызваны работой экипажа и функционированием множества сложных систем. Прямые измерения, выполненные специальными высокочувствительными акселерометрами, показали, что уровень микроускорений на пассивном участке полета ракеты не более  $10^{-6}g_0$  ( $g_0$  — ускорение свободного падения у поверхности Земли), тогда как на станции он составляет  $10^{-3}$ — $10^{-4}g_0$ .

Другая существенная особенность исследований на борту ракет — сравнительно небольшая продолжительность состояния невесомости (до 10 мин). Проведение экспериментов в таких условиях требует применения настолько ускоренных режимов плавления и кристаллизации, что на первых порах многие специалисты-материаловеды сомневались в целесообразности подобных экспериментов. Например, полностью противоречит привычным представлениям предположение, что за 10 мин можно

ют полосы молекул  $C_2$ , CN и CN.

Открытие сразу же привлекло пристальное внимание ученых, поскольку почти все известные «углеродные» звезды — это гиганты или сверхгиганты. А если гигант имеет такую малую звездную величину и расположен вдали от галактической плоскости, то он очень далекий объект. В пользу того, что вновь открытая звезда очень далека, говорит и пренебрежимо малая величина

собственного движения, полученная при сравнении с данными 25-летней давности.

Если предположить, что вновь открытый объект, как и типичные гиганты этого класса, имеет абсолютную звездную величину —  $2,5^m$ , то значит он отдален от нас примерно на 400 000 световых лет, что в 4 раза больше диаметра диска Галактики!

Измеренная величина лучевой скорости звезды ( $75 \pm 40$  км/с) указывает на медленное

приближение ее к границе Галактики. Б. Маргон с коллегами высказали предположение, что эта звезда в сравнительно недавнем прошлом была отторгнута от Магеллановых Облаков, траектория движения которых расположена неподалеку.

Sky and Telescope, 1984, 67, 4.

получать совершенные монокристаллы приемлемых размеров. И все же имеется много практически важных материалов, технологическая обработка которых осуществима за это время не в ущерб качеству. Дело в том, что из-за малой длительности экспериментов не успевают выйти на стационарный режим процессы конвективного теплопереноса, а именно они во многом определяют механизмы роста и конечную структуру слитков. Отсутствие конвекции в кратковременной невесомости — один из основных факторов, приводящих к улучшению материалов.

Кроме того, эксперименты на ракетах обладают и другими достоинствами. Большая грузоподъемность, малое время подготовки, высокая частота запусков открывают возможность проводить значительное количество экспериментов и оперативно получать результаты. Менее жесткие требования к оборудованию в части, связанной с обеспечением безопасности экипажа, во многом упрощают разработку аппаратуры, и, следовательно, снижаются затраты на эксперимент.

#### РАКЕТА — «ЭКСПРЕСС-ЛАБОРАТОРИЯ»

В нашей стране опыты на высотных ракетах начались, когда еще только приступали к систематическим исследованиям проблем космической технологии. Малый объем информации, полученный к тому времени экспериментально, и значительная неясность теоретических предпосылок в определенной мере отразились на начальной стратегии поиска — исследования велись одновременно практически по всем основным направлениям технологии производства неорганических материалов. Чтобы повысить достоверность результатов, эксперименты неоднократно повторяли.

Обработка материалов при высоких (свыше  $1000^{\circ}\text{C}$ ) температурах в условиях жестких ограничений по времени эксперимента требует нагревательных устройств большой мощности с системой форсированного охлаждения. Ведь образец должен не только расплавиться, но и затвердеть в условиях невесомости.

С учетом ограниченной энерговооруженности ракет электрические печи, подобные применяемым на пилотируемых станциях, были мало пригодны. Для быстрого нагрева образцов использовали специальные экзопечи — прочность конструкции позволяла устанавливать их на ракеты без парашюта, так что при

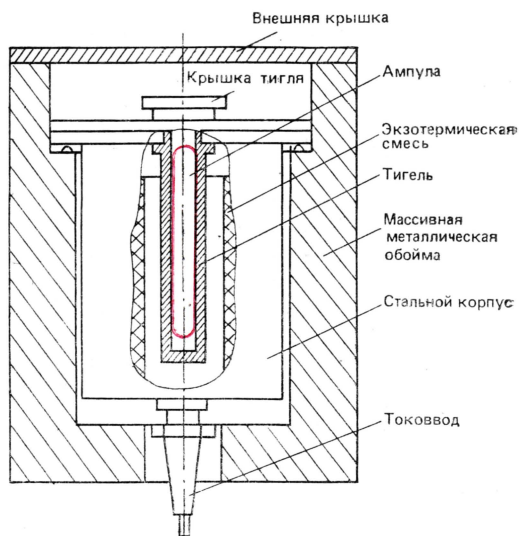


Схема экзотермической печи

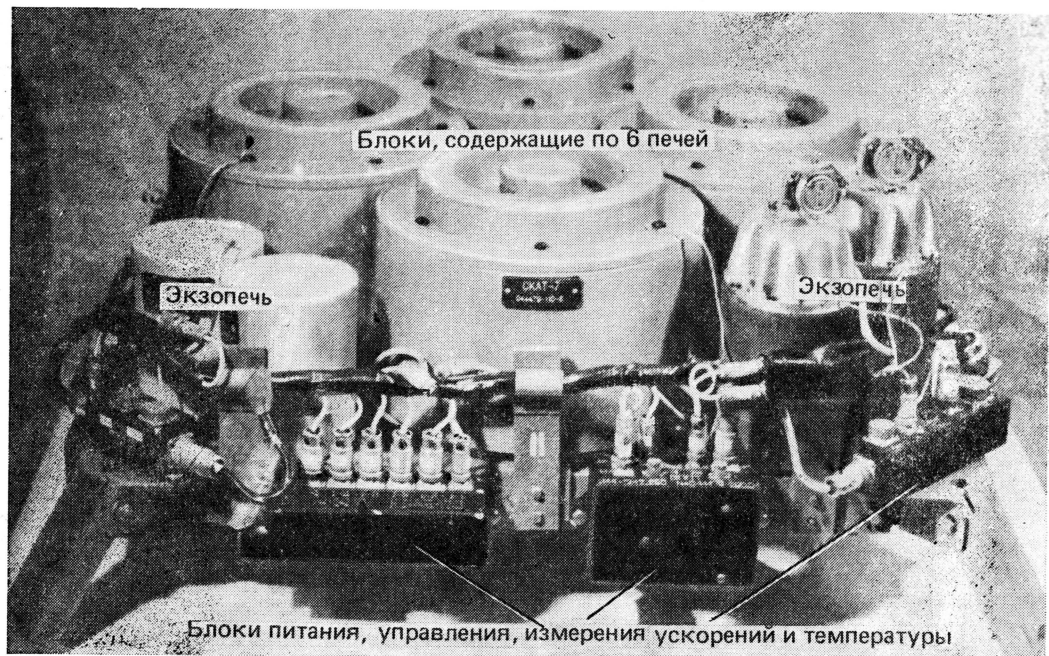
перегрузках приземления свыше  $3000g_0$  образцы полностью сохранялись. Размеры слитков для опытов на ракетах выбирали примерно такими же, как и для экспериментов на орбитальных станциях, чтобы проще было сопоставлять последующие результаты.

В одной из серий экспериментов на ракете, ориентированной относительно Солнца, изучали возможность применения концентраторов

**Установка с концентраторами — параболами, в фокальном пятне которых в условиях космоса изучалась бесконтейнерная плавка материалов на пьедестале**







Общий вид аппаратуры «Спринт», позволяющей в течение одного запуска ракеты проводить одновременно 32 плавки материалов

излучения для бесконтейнерной плавки материалов.

Влияние невесомости на технологический процесс начинает сказываться после перехода материала в жидкое или газообразное состояние. Именно на изменении закономерностей поведения веществ в этих агрегатных состояниях основаны принципы создания технологии улучшения структуры образцов.

Первый принцип связан с использованием эффектов уменьшения собственного веса тела, выталкивающей силы Архимеда, гидростатического давления в невесомости. Это позволяет осуществлять без значительных энергетических затрат бесконтейнерное удержание образцов, получать устойчивые системы из компонент с различной плотностью. Последнее открывает перспективу создавать композиционные материалы (в них содержатся усиливающие элементы в виде нитей, волокон, частиц и т. п.), а также однородные по составу сплавы с областью несмешиваемости (компоненты такого сплава не растворяются друг в друге даже

при температуре выше точки плавления и в обычных условиях быстро расслаиваются из-за существенной разницы в удельных весах).

Второй принцип основан на изменении механизмов теплообмена в расплавах, растворах и смесях за счет ослабления роли гравитационной, тепловой и концентрационной конвекции, что представляет интерес для выращивания объемных монокристаллов с равномерным распределением легирующих примесей.

В невесомости поведение жидкости определяется главным образом молекулярными силами поверхностного натяжения, которые, как известно, стремятся придать ее поверхности форму, соответствующую минимальной энергии (по определению, поверхностное натяжение — это энергия, которую необходимо затратить для увеличения поверхности раздела жидкость — насыщенный пар на единицу площади). В связи с этим важную роль начинают играть смачиваемость на границах разделов жидкость — твердое тело, а также эффекты на других фазных поверхностях (между веществами, обладающими различными физическими и химическими свойствами: жидкость — другая жидкость, расплав — кристалл и т. п.). На использовании поверхностных явлений основан третий принцип космической технологии.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В настоящее время рассматриваются несколько таких направлений производства, когда космическая технология может принести ощутимую пользу. Кроме изготовления самих материалов (в небольшом пока объеме: специальных сплавов с уникальными свойствами, композиционных материалов, полупроводниковых монокристаллов и т. д.) исследования в космосе помогают более детальному изучению процессов кристаллизации, способствуют развитию наземной технологии. Что же дали для решения этих задач эксперименты на высотных ракетах?

**Металлы и сплавы.** Эксперименты, в которых плавление и кристаллизация слитков на основе железа, титана, никеля и других металлов осуществлялись в смачиваемом тигле, показали: при хорошем сцеплении со стенками тигля структура полученных в космосе образцов мало отличается от структуры их прототипов, приготовленных на Земле посредством той же аппаратуры. На примерах магнитных сверхпроводящих и некоторых других специальных сплавов установлено, что внутри слитков, обработанных в космосе, структура более крупнозернистая, иногда возникают зоны новых фаз, имеющих химический состав, не свойственный земным прототипам. Это может быть связано со смещением термодинамического равновесия при фазовых переходах в невесомости, изменением механизмов зарождения и кристаллизации отдельных фаз. Но чаще всего кристаллизация начиналась со стенок тигля, со стенок же в образец поступали ненужные примеси. Газ, всегда присутствующий в твердом теле, по мере плавления выделялся равномерно по объему и образовывал поры сферической формы размером от 10 до 300 мкм, которые имели тенденцию двигаться к центру слитка и объединяться в большую полость.

Совершенно иначе происходит кристаллизация образца, если контейнер сделать из материала, не смачиваемого расплавом, а его объем взять больше объема заготовки. В этом случае после расплавления образуется сферическая капля, которая может свободно плавать внутри контейнера. При ускорениях порядка  $10^{-6} g_0$  сила, стремящаяся прижать расплав к стенке, во много раз меньше силы поверхностного натяжения. Поэтому влиянием стенок на кристаллизацию образца можно пренебречь. Ведь образец контактирует со стен-

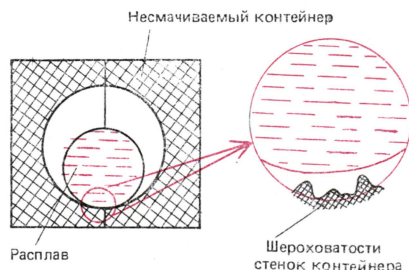
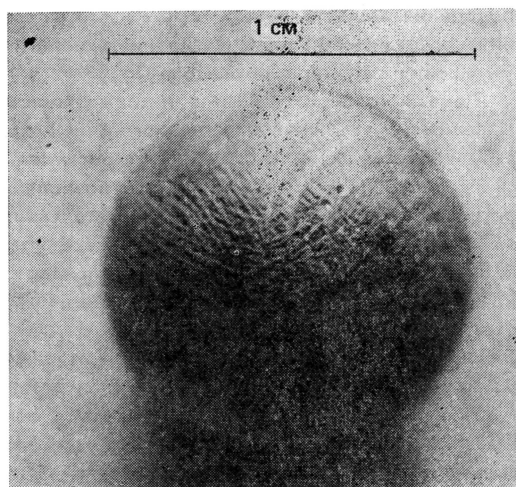


Схема «бесконтейнерного» плавления образцов — капель

кой лишь в одной точке и случайным образом, поскольку направление вектора ускорения меняется во времени. Достоинство такого режима кристаллизации — он более прост и не вносит дополнительных возмущений при затвердевании, так как специальная акустическая или электромагнитная система удержания отсутствуют.

Образцы чистого серебра и меди, полученные подобным **квазибесконтейнерным способом**, имели форму, которая отклонялась от сферической не более чем на 1% (диаметр образцов в 5—10 мм). Структура их поверх-

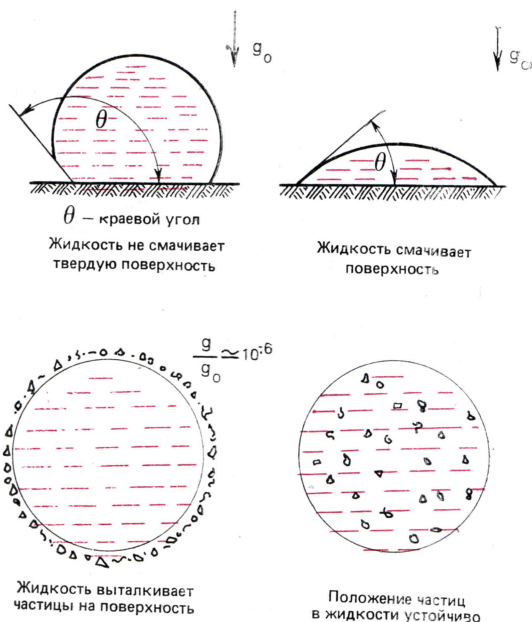
Сферический образец из меди размером 9 мм, полученный из капли расплава. Сетка на поверхности образована дендритом, сам дендрит — с монокристаллическим типом текстуры



ности свидетельствовала, что кристаллизация шла без контактов со стенками контейнера. Как показал анализ, структура медных образцов характеризуется ярко выраженными дендритами — кристаллами древовидной, ветвистой формы (от одного до трех в образце). Ствол и ветви дендритов росли практически без искажений вплоть до выхода на поверхность и создали на ней правильную ячеистую структуру. Неискаженная структура дендрита говорит об отсутствии перемешивания расплава при затвердевании и заметном переохлаждении ниже температуры кристаллизации. Явление переохлаждения свойственно бесконтейнерным методам, так как при получении чистых материалов не возникает генерации роста кристаллов со стенок. При достаточно больших скоростях охлаждения, реализуемых в устройствах с концентраторами солнечной энергии на этапе, когда световой поток перекрыт, таким способом можно получать объемные образцы металлов и других материалов с аморфной, стеклообразной структурой и уникальными физическими свойствами.

**Композиционные материалы.** На Земле в расплаве достаточно интенсивно идет процесс сепарации фаз за счет разницы удельных весов основного компонента и наполнителя. Поэтому получить однородный по объему композит трудно даже из заготовки с равномерным исходным распределением частиц, приготовленной методом порошковой металлургии. В невесомости процесс сепарации замедляется в десятки тысяч раз, и можно было ожидать, особенно в ускоренных режимах, существенный положительный эффект. Действительно, высокой степенью однородности распределения обладали образцы жаропрочного никель-алюминиевого сплава, упрочненного карбидом хрома, а также образцы алюминиевого сплава, армированного графитовыми волокнами с покрытием карбидом кремния и молибдена. В то же время образцы композиции медь — графит были резко неоднородны. Выяснилось, что определяющее влияние на устойчивость композитов к разделению оказывает смачиваемость частиц расплавом основного материала.

Обычно смачиваемость поверхности твердого тела характеризуют **краевым углом**, который образует капля жидкости с поверхностью. Если этот угол меньше  $90^\circ$ , материал считают смачиваемым, если угол больше  $90^\circ$ , то несмачиваемым. Отметим, что для несма-



Смачиваемость поверхности (вверху) и устойчивость композиционных материалов к разделению в невесомости (внизу)

чиваемых композиций энергия межфазового натяжения велика. Рассмотрим теперь обратный случай, когда в невесомости частички помещены в жидкости. Здесь несмачиваемая система будет обладать минимумом поверхностной энергии, если все частицы вытеснены на поверхность. В смачиваемой же системе положение частиц в объеме жидкости устойчиво и тоже соответствует минимуму энергии, что и наблюдалось в эксперименте.

Для системы медь — графит краевой угол около  $140^\circ$ . Порошок графита оказался вытесненным на поверхность, тогда как ядро представляло собой слиток чистой беспористой меди. В следующих опытах в медь вводилась 3%-ная добавка хрома. Образующийся на поверхности графита при температуре свыше  $1100^\circ\text{C}$  карбид хрома смачивается расплавом (угол  $40\text{--}45^\circ$ ). Улучшение смачивания на границе раздела фаз заметно повысило однородность распределения графита в образцах.

**Сплавы с областью несмешиваемости.** Для экспериментов были выбраны образцы систем алюминий — свинец и медь — хром, пригото-



ленные методом порошковой металлургии. Указанные материалы применяют в износостойких подшипниках скольжения в точных приборах и эрозионностойких силовых контактах. Переплавка заготовок в невесомости привела к расслоению компонентов даже в ускоренных режимах за время порядка 150—200 с. Как и в случае композиции медь — графит, механизм разделения обусловлен силами поверхностного натяжения на границах между фазами.

**Полупроводниковые материалы.** Основную часть экспериментов выполняли с образцами германия и кремния, поскольку они наиболее широко используются в промышленности и методика определения их свойств хорошо отработана. Монокристаллические образцы в вакуумированных кварцевых ампулах помещали в тигель, на стенках которого создавался близкий к линейному перепад температур. Расплавлялась только часть образца, оставшаяся часть служила затравкой. При снижении температуры в тигле происходила направленная кристаллизация расплава. Исследование поверхности слитков, доставленных из космоса, показало, что в процессе роста они контактировали со стенками ампулы лишь в отдельных зонах. Контрольные образцы, при-



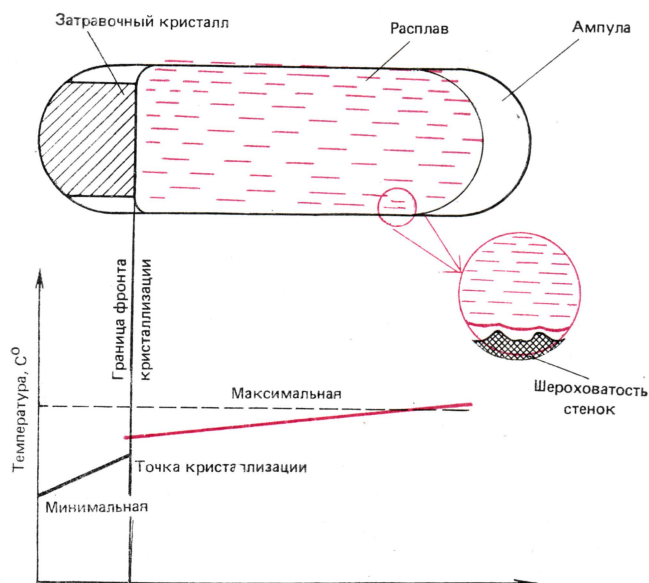
Бездислокационный монокристалл с равномерным распределением примеси (диаметр 8 мм), полученный направленной кристаллизацией со скоростью 10 мм/мин

готовленные с помощью аналогичной аппаратуры на Земле, имели полный контакт со стенками, и их структура была поликристаллической.

Во время опытов на ракетах удалось получить монокристаллические слитки с низкой плотностью **дислокаций** (линейных дефектов кристаллической решетки) при скорости роста 7—10 мм/мин. Это более чем на порядок превышает скорость выращивания монокристаллов германия и кремния на Земле. Подобные образцы получены впервые в мировой практике. Рентгеноструктурные и металлографические исследования показали, что они обладают высокой степенью структурного совершенства и однородным распределением легирующей примеси.

Улучшению структуры монокристаллов способствовало несколько факторов, в особенности изменение характера взаимодействия расплава со стенками ампулы и отсутствие конвективного перемешивания, не успевающего развиваться в объеме. На Земле расплав прижат к стенкам силой собственного веса. Этого оказывается достаточно, чтобы термодинамические напряжения на кристаллизационном фронте, зажатом стенками, превысили предел пластичности и вызвали появление большого количества дислокаций в кристал-

Схема направленной кристаллизации в ампуле



ле, вплоть до образования трещин. В неведомости на расплав действует лишь капиллярное давление, обусловленное поверхностным натяжением на свободном сферическом мениске. Причем давление в любой точке должно быть одинаковым, и поверхность расплава везде имеет равную кривизну. Это приводит к образованию эффекта «зависания» жидкости на небольших неровностях стенок ампулы. Фактически в контакте со стенкой находится менее 1% поверхности расплава. Остальная ее часть, включая мениск непосредственно у фронта кристаллизации, остается свободной.

Термокапиллярная конвекция экспериментально наблюдалась посредством бортового теневого прибора «Пион» (Земля и Вселенная, 1982, № 1, с. 2.—Ред.). Вблизи свободной поверхности движение возникает действительно быстро — за 0,1 с, однако для перемешивания всего объема жидкости требуются десятки минут. Следовательно, в экспериментах на ракете и этот, более мощный и не связанный с ускорениями механизм конвекции не успевал повлиять на процесс кристаллизации.

Как показывают теоретические оценки, при малом конвективном перемешивании тепло-массоперенос определяется диффузией, и можно получать максимальные скорости кристаллизации германия и кремния — до 18 мм/мин для образцов диаметром 6—8 мм. За счет высокой скорости охлаждения в экспериментах удалось добиться соответствующих режимов. Причем скорость фронта кристаллизации оказалась больше скорости «прорастания» диска из затравочного кристалла. Не приводя подробный анализ, укажем, что именно ускоренный режим кристаллизации обеспечил равномерное распределение примесей по объему монокристаллов. Для этого фронт кристаллизации выдерживался плоским до конца процесса. Равномерное распределение примесей — важнейший показатель совершенства полупроводников, определяющий их электрофизические свойства. В опытах со сложнелегированным кремнием изучалось поведение примесей при ускоренной кристаллизации. Как выяснилось, поверхностно-активная примесь, которая снижает поверхностное натяжение, концентрировалась в основном в наружной части слитка. Неактивная примесь (бор) была распределена равномерно.

Интересные результаты удалось получить в ходе исследования кристаллизации свободных капель полупроводниковых материалов.



Монокристалл германия  
после кристаллизации капли

Так, когда экспериментировали с образцами германия, в зоне контакта с ампулой возникали поры, образованные испарением воды из кварцевых колбочек при температуре выше 1200° С. В отличие от экспериментов по затверждению сферических капель металлов, для которых возможен отвод тепла как через жидкую, так и через твердую фазу и угол роста (характеризует соответствие формы расплава и формы кристалла) равен нулю, все слитки германия имели вид луковицы. Теоретически форма объясняется отличным от нуля углом роста, что и наблюдалось на практике. Анализ структуры образцов показал: в ряде случаев они кристаллизовались из центра капли.

**Капиллярное формообразование.** Одно из перспективных направлений космической технологии — получение за счет сил поверхностного натяжения изделий заданной формы, например, оптических элементов (линз, сфер и т. п.), тонкостенных полых конструкций, деталей определенного профиля. Оптические элементы с высоким качеством поверхности, не требующие дополнительной обработки, можно изготавливать из стеклообразных сред, которые не подвержены усадке или расширению при затвердевании. Впрочем, эксперименты со стеклами на ракетах не дали пока положительного результата, поскольку рас-



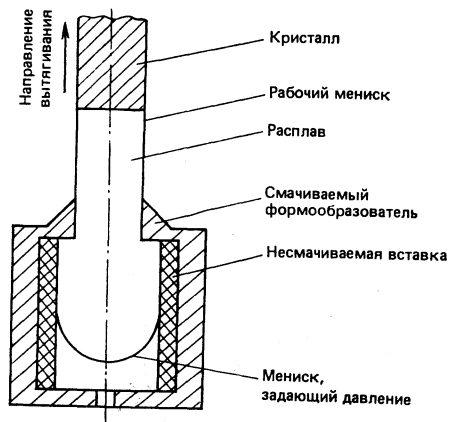


Схема выращивания профилированных кристаллов способом А. В. Степанова (капиллярным формообразованием)

плавить прозрачный образец и охладить его за короткое время в экзопечах сложно.

На высотной ракете впервые был поставлен эксперимент по выращиванию кристаллов заданного профиля. Удобный способ получения таких кристаллов разработал советский ученый А. В. Степанов. Сущность метода состоит в том, что кристалл выращивают из мениска расплава, профиль которого создается специальным формообразователем. Перспективность метода очевидна — можно организовать автоматический непрерывный процесс получения кристаллов, сразу имеющих профиль, необходимый для использования в приборах, причем сделать это удастся на простом оборудовании, так как, по теории, устойчивость мениска в невесомости повышается во много раз. Первым «подопытным» метал-

лом была медь. Когда образцы вернулись из космоса, их форма вполне соответствовала расчетной. Позднее эксперимент повторили на кремнии. Опыты показали, что формой образцов, выращиваемых способом Степанова, легко управлять, меняя давление расплава. Для этого можно использовать те же капиллярные силы, варьируя кривизну мениска внутри тигля за счет размеров несмачиваемой поверхности.

## НАУЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В настоящее время стало понятно, что технологические эксперименты на ракетах, открывшие для космической технологии ускоренные режимы обработки материалов, представляют собой важный класс опытов, имеющий самостоятельное значение. Они подтвердили возможность улучшения качества различных материалов, позволили изучить особенности бесконтейнерной кристаллизации и способов капиллярного формования, проверить принципы построения перспективных технологических установок и приборов (например, акселерометров, печей прямого солнечного нагрева, устройств для бесконтейнерного приготовления образцов и др.). Часть результатов имеет приоритетное значение для советской науки. Высокая эффективность и обнадеживающие результаты делают целесообразным дальнейшее развитие экспериментальных работ по ускоренной кристаллизации слитков.

## Грибовидные течения в океане

Спутниковые методы дали возможность океанологам наблюдать многие процессы и явления на поверхности океана, причем наблюдать в ходе их естественной эволюции. Это неоценимое достоинство спутниковых методов особенно полезно, когда об исследуемых явлениях практически ничего не известно.

А. И. Гинзбург и К. Н. Федоров (Институт океанологии

имени П. П. Ширшова АН СССР), анализируя спутниковые изображения поверхности океана в видимом и инфракрасном диапазонах спектра, обнаружили ранее не известный тип движения вод — течения грибовидной формы. Эти весьма нестационарные движения в тонком поверхностном слое океана представляют собой узкую струю, которая заканчивается парой вихрей противоположного знака (циклон — антициклон), расположенных в форме шляпки или подковы. И струя, и вихри

объединены в одну общую грибовидную структуру. Такие образования встречаются часто и хорошо различимы на спутниковых изображениях в видимом диапазоне, если в воде есть естественные трассеры — планктон, взвесь, дрейфующий лед. При резких же температурных контрастах между грибовидными образованиями и окружающей водой эти образования видны и в инфракрасном диапазоне спектра.

Много грибовидных течений размерами от 10 до 150 км обнаружено на снимках, сделан-

ных над разными районами Мирового океана: южнее Исландии, восточнее Камчатки, в Черном, Балтийском и Японском морях, вблизи основного фронта Гольфстрима и в районе Калифорнийского течения.

Авторы считают, что течения грибовидной формы могут возникать, когда на узкие струи в поверхностном слое более легких вод (толщиной в метры — десятки метров) действуют мощные локальные импульсы, например воздушная струя, разность уровня или давления, неустойчивость фронтов течений.

Доклады АН СССР, 1984, 276, 2

## Шаровые скопления: жизнь после смерти

Известный английский астрофизик Д. Линден-Белл и его японский коллега С. Инагаки исследовали поведение шарового скопления после того, как в его центре произойдет катастрофическое сжатие ядра.

Расчеты методами классической звездной динамики привели к парадоксальному результату: в центре сферической звездной системы (например, шарового скопления) пространственная плотность звезд за некоторое конечное время должна достичь бесконечно большого значения. Уплотнение звездного скопления в его центральной части происходит вследствие гравитационного взаимодействия звезд и обмена между ними энергией при близких взаимных пролетах. В результате этого процесса звезды, уменьшившие свою скорость (как правило, это массивные звезды), опускаются к центру скопления и формируют там его ядро, а звезды, получившие в процессе сближения дополнительную энергию, уходят на периферию скопления и формируют разреженное протяженное гало. Некоторые наиболее быстрые звезды при этом вообще покидают скопление (Земля и Вселенная, 1978, № 1. с. 88.— *Ред.*).

В то время, как в разреженном гало динамические процессы замирают, в плотном ядре скопления они идут во все нарастающем темпе. Расчеты показывают, что у наиболее плотных шаровых скоплений за довольно короткий (по сравнению с их возрастом) промежуток времени звезды в центре должны настолько сблизиться, что это приведет их к прямым столкновениям. На этом этапе эволюции скопления уравнения классической звездной динамики уже неприменимы, так как при их выводе звезды считались материальными точками, а не протяженными физическими телами, способными сталкиваться, слипаться и частично разрушать друг друга.

Какова же судьба центральной части звездных скоплений? Приводят ли столкновения звезд к их объединению в единую сверхзвезду, которая за короткое время может затем превратиться в массивную черную дыру? Или существуют причины, способные остановить коллапс ядра? Как выглядит скопление в момент коллапса ядра и что происходит с ним потом? Ответы на эти вопросы астрономы ищут как практически — наблюдая центральные части шаровых скоплений, так и теоретически — методами статистической физики или моделируя эволюцию скоплений на ЭВМ. К сожалению, наблюдения пока мало чем могут помочь: дрожание изображений, вызванное земной атмосферой, не позволяет исследовать самую центральную часть скоплений. Здесь можно надеяться лишь на космические телескопы. Зато теоретические исследования продвигаются успешно. В последние несколько лет различные авторы убедительно показали, что в тот момент, когда пространственная плотность звезд в центре скопления станет достаточно большой ( $10^5 - 10^7$  звезд/пк<sup>3</sup>), звезды начнут интенсивно объединяться в тесные двойные системы. Объединение может идти двумя путями: 1) когда на расстоянии нескольких астрономических единиц случайно оказываются три звезды, две из них, как

правило, образуют связанную систему, а третья улетает, унося избыток энергии; 2) когда две звезды сближаются на расстояние, равное нескольким собственным радиусам, они вызывают друг в друге сильные приливные возмущения. Эти возмущения тормозят их движение и также приводят к образованию тесной двойной системы. Хотя на первый взгляд кажется, что наличие двойных звезд не может существенно изменить динамику самого скопления, расчеты показывают, что это не так. Каждая двойная система — это источник энергии для окружающих ее одиночных звезд, так как пролетая мимо двойной системы, одиночная звезда в большинстве случаев увеличивает свою скорость, а двойная система становится еще более тесной. Если двойных систем достаточно много, то их взаимодействие с окружающими звездами может привести к остановке коллапса ядра скопления и к его последующему расширению. С. Инагаки и Д. Линден-Белл показали, что при достаточном количестве двойных звезд в ядре скопления процесс расширения должен распространяться, охватывая все более внешние области. Уменьшение пространственной плотности скопления приведет к тому, что интенсивность взаимодействия одиночных звезд с двойными уменьшится и расширение скопления прекратится. В центральной части скопления, как память о прошедшем, останется небольшое плотное ядро, которое, возможно, удастся обнаружить у некоторых шаровых скоплений с помощью крупного космического телескопа. Пока же единственным указанием на реальность описанных выше процессов служит обнаружение в центре некоторых скоплений рентгеновских источников (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 36.— *Ред.*). Многие астрономы считают, что эти источники связаны с тесными двойными системами, которые образовались именно так, как предполагают расчеты.

Monthly Notices of RAS, 1983, 205, 3



## «Астрон» — окно в ультрафиолетовый космос

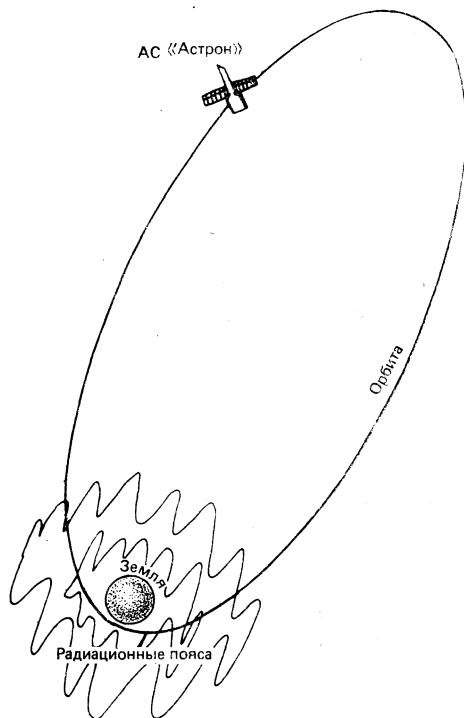
Даже на Солнце — звезде спокойной и имеющей максимум излучения в визуальной области спектра — мы не смогли бы понять многие процессы без ультрафиолетовых наблюдений. Лишь сочетание наземных и внеатмосферных наблюдений способно обеспечить максимальную информацию, необходимую для понимания природы космических объектов.

### НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

У каждого типа космических объектов — свой определенный диапазон электромагнитных излучений, который дает наиболее ценную информацию о природе этих объектов. Земная атмосфера пропускает к поверхности Земли космическое излучение лишь в небольшом участке спектра электромагнитных колебаний. Это обстоятельство, вероятно, сделало возможным существование жизни на Земле. Но одновременно оно служит существенным препятствием, долгое время казавшимся непреодолимым, для всестороннего изучения космических объектов.

Однако после запуска в 1957 году первого искусственного спутника Земли ситуация коренным образом изменилась — теперь ученые смогли выносить свои приборы за пределы земной атмосферы и наблюдать излучение космических объектов практически во всем электромагнитном диапазоне.

Уже первые исследования в ультрафиолетовой области привели к существенному пересмотру наших представлений о строении внешних слоев звезд. Было обнаружено, что многие звезды, считавшиеся ранее стационарными, теряют огромное количество вещества — порядка массы Земли в год. Короны и хромосферы есть не только у Солнца и подоб-

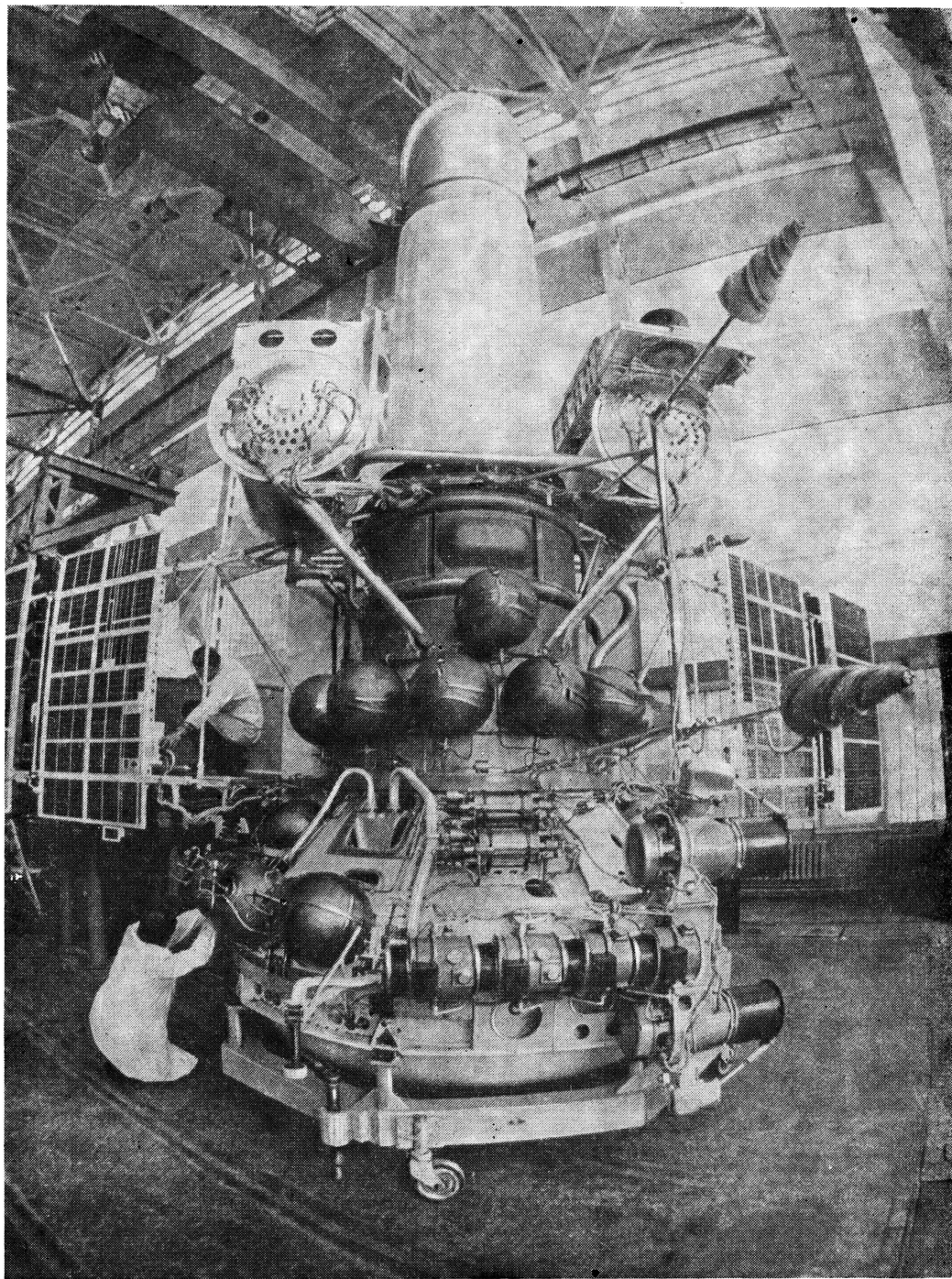


Орбита «Астрона»

ных ему звезд, но и других звезд в довольно широком диапазоне спектральных классов. Кроме того, внеатмосферные наблюдения привели к открытию огромных областей, имеющих высокую кинетическую температуру (порядка  $10^5$  К), что изменило наши представления о динамике и фазовом состоянии межзвездной среды.

До 1983 года только в двух экспериментах — «Коперник» (США) и IUE (международный спутник) — проводились детальные исследования УФ-спектров.

23 марта 1983 года в СССР была запущена астрофизическая станция «Астрон», в состав



Общий вид  
астрофизической станции «Астрон».  
В верхней части станции —  
ультрафиолетовый телескоп



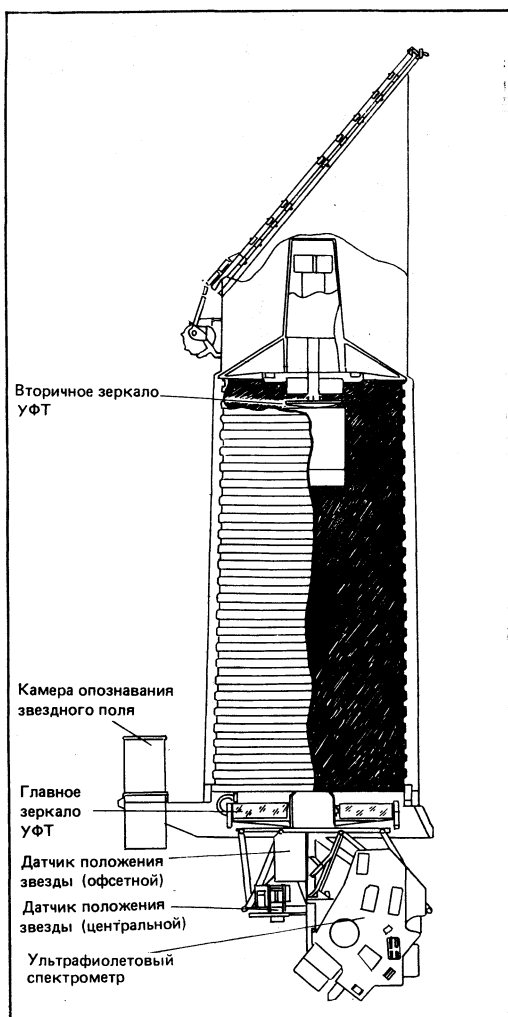
которой входят крупнейший в мире ультрафиолетовый телескоп (УФТ) с диаметром главного зеркала 80 см и комплекс рентгеновской аппаратуры (Земля и Вселенная, 1984, № 1, с. 26.—Ред.). Ультрафиолетовый телескоп — результат многолетней совместной работы ученых и специалистов Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР и ряда промышленных предприятий нашей страны. В создании спектрометра для УФТ основная роль принадлежит Лаборатории космической астрономии (город Марсель, Франция). Ученые получили уникальную возможность исследовать физические процессы, происходящие в космических объектах.

Апогей орбиты астрофизической станции «Астрон» — 200 000 км, угол наклона к плоскости экватора около  $56^\circ$ . Такая орбита имеет следующие преимущества. Во-первых, практически все время «Астрон» виден с территории СССР. В «тени» он оказывается, лишь проходя перигей, да и то примерно на четыре часа с интервалом в четверо суток. Во-вторых, 90% времени «Астрон» находится вне радиационных поясов Земли, что позволяет избежать влияния заряженных частиц во время наблюдений.

## КАК УСТРОЕН УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ТЕЛЕСКОП

УФТ — это двухзеркальный телескоп системы Ричи — Кретьена (Земля и Вселенная, 1972, № 3, с. 73.—Ред.). Несмотря на то, что в далеком ультрафиолетовом диапазоне коэффициент отражения зеркал невысок, оказалось выгодным использовать двухзеркальную систему, а не однозеркальную, поскольку в последнем случае слишком велики потери вследствие экранирования зеркала приемной аппаратурой. Вот почему работающая поверхность УФТ более чем на треть превышает работающую поверхность телескопа «Коперник», у которого светоприемная аппаратура располагается между зеркалами телескопа и экранирует заметную часть главного зеркала.

Оба зеркала УФТ имеют гиперболические отражающие поверхности, дающие на краю поля диаметром  $1^\circ$  изображение точки не хуже  $2''$ . Такое большое поле и довольно высокое качество изображений необходимы для работы системы стабилизации по внеосевым ярким звездам. Поскольку точная



Схематический разрез ультрафиолетового телескопа (УФТ)

стабилизация изображений звезд на входных диафрагмах спектрометра достигается поворотами вторичного зеркала, оптические расчеты включали выбор соотношений эксцентриситетов поверхностей зеркал и положения точки, вокруг которой поворачивается вторичное зеркало, чтобы качество изображений при наклонах зеркала до  $15'$  не ухудшалось.

Эффективное фокусное расстояние телескопа равно 8 м, что обеспечивает в его фокальной плоскости довольно крупный масштаб:  $1''$  в 38 мкм.

При выведении на орбиту немалое значение имела масса телескопа. Поэтому толщина главного зеркала при диаметре 80 см составила всего 6 см, то есть была вдвое меньше, чем у наземных таких же размеров. Сильное уменьшение толщины повлекло разработку новой технологии обработки поверхностей зеркал и методов контроля. Это тем более важно, что вследствие уменьшения длины волны при переходе от видимой области к ультрафиолетовой существенно возрастают требования к качеству поверхностей.

Сложной технической проблемой оказалось создание конструкции телескопа, способной сохранять взаимное расположение зеркал в пределах заданных допусков. Для оптической системы Ричи — Кретьена со светосилой главного зеркала  $1/3,5$  эти допуски не превышают 0,3 мм. Расстояние между зеркалами 2 м. Во время наблюдений станция ориентируется под различными углами по отношению к Солнцу, отчего конструкция телескопа нагревается неравномерно. Поэтому оба зеркала изготовили из ситалла — материала, который имеет очень малый коэффициент линейного расширения. Сложнее дело обстояло с трубой телескопа. Изготовить ее полностью из инвара — материала с очень низким коэффициентом линейного расширения — не представлялось возможным, так как допустимая масса телескопа была жестко ограничена. По этой причине всю трубу изготовили из алюминия, а вдоль нее расположили инваровые стержни, которые при изменении температуры поддерживали с необходимой точностью заданное расстояние между зеркалами. Чтобы предохранить зеркала от разрушения, когда станция выводится на орбиту и ускорения и вибрации достигают больших величин, а также исключить деформации зеркал при работе на орбите, были созданы специальные оправы, которые плотно удерживали зеркала, но в то же время не искажали их поверхности. Кроме того, была разработана и установлена на телескопе специальная система, позволяющая контролировать юстировку зеркал в любых условиях.

Высокую отражательную способность обоих зеркал телескопа обеспечивало покрытие их чистым алюминием, на который затем — для увеличения коэффициента отражения в далекой ультрафиолетовой области ( $\lambda < 1400 \text{ \AA}$ ) — нанесли тонкий (несколько десятых микрона) слой фтористого магния. Вообще говоря, от-

ражательная способность различных покрытий обладает тем очень неприятным свойством, что малейшее загрязнение оптической поверхности, даже совершенно не заметное человеческому глазу, способно привести к катастрофическому падению коэффициента отражения в ультрафиолетовой области. Особенно опасны пары масел и органических соединений. Поэтому пришлось разработать ряд мероприятий, исключающих загрязнение оптических поверхностей и при работе с телескопом на Земле, и в космосе. Для этого в конструкции телескопа использовали материалы, не выделяющие газов. Газ удаляли, тщательно промывая все детали и по несколько суток выдерживая их в вакуумной камере. Телескоп собирали в специальном кондиционированном помещении, где поддерживалась низкая влажность. Одновременно в этом помещении могли находиться не более трех человек, одетых в специальные костюмы, чтобы не загрязнить отражающие поверхности зеркал во время подготовки станции к полету. Трубу телескопа сделали герметичной и сразу же после окончания сборки в нее закачали чистый азот, который затем был выпущен через дренажное отверстие, когда телескоп вышел на орбиту. Чтобы уменьшить возможность загрязнения зеркал газами, выделяемыми в космосе самой станцией, крышку телескопа открыли только спустя несколько суток после вывода АС «Астрон» на орбиту.

Солнце, Земля и Луна в десятки миллионов раз ярче звезд и галактик, поэтому важной проблемой при внеатмосферных наблюдениях становится борьба с рассеянным светом, возникающим при освещении различных деталей конструкции трубы. Этот свет может превзойти излучение, идущее от исследуемых объектов. Для подавления рассеянного света внутри трубы телескопа поместили систему специальных отсекаателей. Их размеры и места установки были выбраны так, чтобы излучение источников-помех попадало в фокальную плоскость телескопа после многократных рассеиваний. Все детали телескопа покрыты особыми неорганическими красителями, коэффициент отражения которых всего лишь несколько процентов. Кососрезанная блenda, увенчивающая трубу, отсекает прямые солнечные лучи во время наблюдений звезд, расположенных на сравнительно близких угловых расстояниях от Солнца.

В фокальной плоскости телескопа установ-

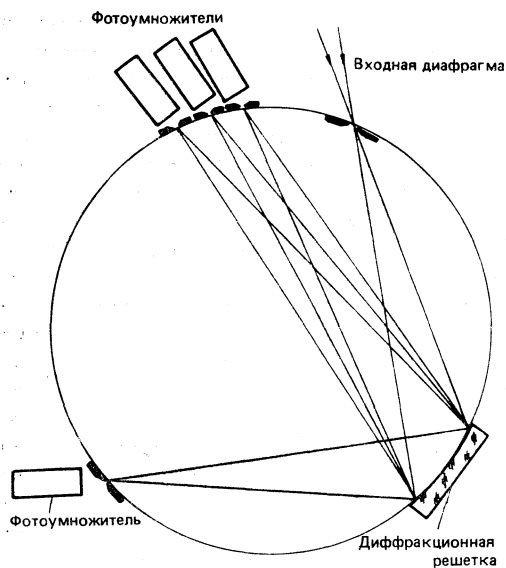


Схема спектрометра

лен ультрафиолетовый спектрометр. Он предназначен для спектрального анализа ультрафиолетового излучения космических объектов. Спектрометр имеет три входных диафрагмы, обеспечивающих различные типы научных исследований. Центральная диафрагма размером  $1''$  работает при наблюдениях ярких звезд с высоким спектральным разрешением. Диафрагму размером около  $10''$  используют, когда ведутся наблюдения слабых объектов с низким спектральным разрешением. Размер большой диафрагмы — порядка  $1'$ , ее применяют для исследования слабых протяженных объектов.

Спектрограф собран по схеме Роуланда. Преимущество этой схемы в том, что у спектрометра лишь один оптический элемент — дифракционная решетка. Этим обеспечиваются минимальные потери в далекой УФ-области. Излучение, собранное телескопом, пройдя через одну из входных диафрагм, попадает на дифракционную решетку, которая разлагает это излучение в спектр и фокусирует на выходных щелях. В фокальной плоскости спектрометра за выходными щелями установлены три фотоумножителя, позволяющие измерять интенсивности излучения в диапазоне  $1140—3400 \text{ \AA}$  с высоким ( $0,4 \text{ \AA}$ ) и низким ( $14$  и  $28 \text{ \AA}$ ) спектральным разрешением. Благодаря

прецизионному сканирующему устройству фотоумножители можно устанавливать с точностью до  $0,03 \text{ \AA}$ . Чтобы обеспечить такую высокую точность, система терморегулирования поддерживает температуру спектрометра в заданных пределах. Система регистрации позволяет неоднократно измерять интенсивность излучения в исследуемых участках спектра с экспозицией от  $0,61 \text{ с}$  до десятков минут. Специальный фотоумножитель предназначен для измерения интенсивности нулевого порядка.

Кроме спектрометра в фокальной плоскости телескопа расположены датчики положения изображений звезд. С их помощью стабилизируется в пространстве направление оптической оси телескопа. Исследования системы стабилизации, проведенные во время работы на орбите, показали, что в ультрафиолетовом телескопе удалось удерживать изображение звезды на диафрагме спектрометра с точностью  $0,3''$ .

## ЧТО МОЖЕТ УФТ

Наблюдения посредством космического ультрафиолетового телескопа производят так. По командам, переданным из наземного измерительного пункта, станция «Астрон» разворачивается, и телескоп наводится с точностью до нескольких минут на исследуемый объект, при этом изображение звезды в фокальной плоскости телескопа попадает в поле захвата датчика положения звезд. Затем включается система стабилизации телескопа, которая поворотом вторичного зеркала приводит изображение исследуемого объекта на соответствующую диафрагму спектрометра. После этого спектрометр начинает измерения выбранных участков спектра по заранее посланной программе. Результаты измерений передаются на наземный измерительный пункт, где их записывают на магнитную ленту. За сеанс производится до  $70\,000$  измерений интенсивностей излучения в различных длинах волн.

Магнитные ленты обрабатывают в Вычислительном центре Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Обработка включает такие операции, как дешифровка, фильтрация шумов, привязка к длинам волн и учет чувствительности.

За год работы астрофизической станции «Астрон» с 23 марта 1983 года по 23 марта 1984 года проведено свыше 24 сеансов связи,

в которых проводились ультрафиолетовые наблюдения. За этот период на УФТ было изучено более 70 звезд разных спектральных классов и светимостей, 22 квазаров и галактик различных морфологических типов и 22 полей галактического фона. Кроме того, проведены служебные сеансы, в которых исследовались характеристики телескопа в условиях орбитального полета, а также фокусировка его оптической системы. При выведении на орбиту конструкция телескопа и его зеркала испытывали сильные механические воздействия. Условия на орбите (глубокий вакуум и большие температурные градиенты) сильно отличаются от тех, когда собирали телескоп и юстировали его оптику. Поэтому следовало выяснить, целы ли зеркала и насколько сохранились те высокие оптические характеристики телескопа, что удалось достичь при наземной обработке. 29 марта 1983 года УФТ был впервые наведен на звезды. Получив запись спектра звезды  $\xi$  Тау, мы установили: все зеркала телескопа сохранились. Требовалось оценить качество их поверхностей. Так, например, они могли быть пережаты в оправках, что привело бы к деформации их поверхностей и к ухудшению качества изображений, которое обычно оценивают долей излучения от точечного источника, собираемой в кружке диаметром  $1''$ . Сначала проверили положение фокуса телескопа. Оказалось, что оно незначительно отличается от положения, определенного на Земле. Для его направления необходимо было отодвинуть вторичное зеркало от главного всего на 0,12 мм. А это уже говорит о том, что конструкция телескопа не претерпела заметных деформаций. Затем, отфокусировав телескоп, мы сравнили отсчеты, полученные при наблюдениях одной и той же звезды через диафрагму размером  $1''$  и  $10''$ . Если считать, что через диафрагму размером  $10''$  проходит все излучение, собираемое телескопом от звезды, то диафрагма в  $1''$  пропускает примерно 65% этого излучения. На Земле, используя автоколлимационную схему, в таком кружке получали около 60% излучения, что соответствует приблизительно 77%, когда измерения ведутся от звезд. Отсюда следует, что и оптические свойства телескопа изменились незначительно.

Следующая важная характеристика — чувствительность телескопа. Она в немалой степени зависит от того, какова сохранность чистоты поверхностей зеркал. Необходимые про-

верки, выполненные по наблюдениям стандартных звезд в течение шести месяцев, не показали заметных изменений в спектральной чувствительности: она оказалась близкой к расчетной. То есть заметного загрязнения поверхностей зеркал не произошло. Таким образом, выведенный на орбиту телескоп сохранил все свои высокие оптические характеристики.

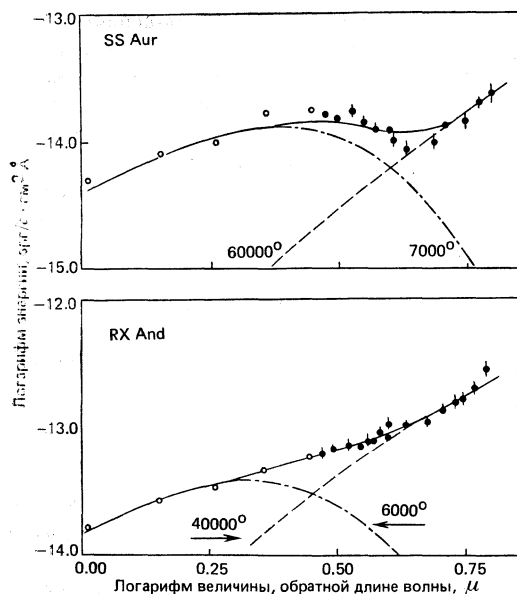
## ПЕРВЫЕ ИТОГИ, ПЕРВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

С мая 1983 года на АС «Астрон» начались научные наблюдения по программе, составленной совместно учеными Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР и Марсельской лаборатории космической астрономии (Франция). В программу входило: исследование истечения вещества из звезд; поиски тяжелых элементов в атмосферах звезд; исследования нестационарных звезд; исследование галактик и квазаров; наблюдения протяженных туманностей и фонового излучения Галактики.

Спектроскопический метод — самый распространенный метод исследования истечения материи из звезд. Особенно сильно истечение материи должно проявляться в линиях, образующихся при переходах с основного уровня (резонансных линий) наиболее обильных элементов. Известно, что резонансные линии самых распространенных элементов, таких, как водород, гелий, углерод, азот, кислород, неон, расположены в области короче  $2000 \text{ \AA}$  и недоступны для наземных наблюдений. Поэтому для большинства звезд считалось, что истечение вещества у них практически отсутствует. И только наблюдения ультрафиолетовых спектров позволили обнаружить существенную потерю массы у звезд различных классов.

Одна из основных проблем современной астрофизики — происхождение химических элементов. Сейчас многие ученые полагают, что в первые моменты «жизни» Вселенной ее вещество почти полностью состояло из протонов и нейтронов, а более тяжелые ядра образовались позднее — вследствие ядерных реакций либо в дозвездном веществе, когда его плотность еще была достаточно высока, либо в недрах звезд. Многие результаты наблюдений подтверждают эту точку зрения. Если ситуация с элементами типа кислорода сравнительно ясна, то положение с более тяже-





**Распределение энергии в спектрах карликовых новых SS Возничего и RX Андромеды. Точки с черточками — наблюдения на «Астроне», кружочки — наземные наблюдения. Сплошная линия — суммарное излучение источников разных температур (они обозначены прерывистыми линиями)**

лыми элементами иное. Здесь пока не удалось достичь удовлетворительного согласия между предсказанными и наблюдаемыми соотношениями содержаний отдельных элементов. Одна из главных причин этого — отсутствие надежных данных о содержании тяжелых элементов в атмосферах звезд различных типов. Поэтому в программу наблюдений «Астрона» были включены звезды, обладающие сильным магнитным полем (звезды  $A_p$ ), и звезды, имеющие избыток металлов (звезды  $A_m$ ), где предполагается сравнительно высокое содержание тяжелых элементов.

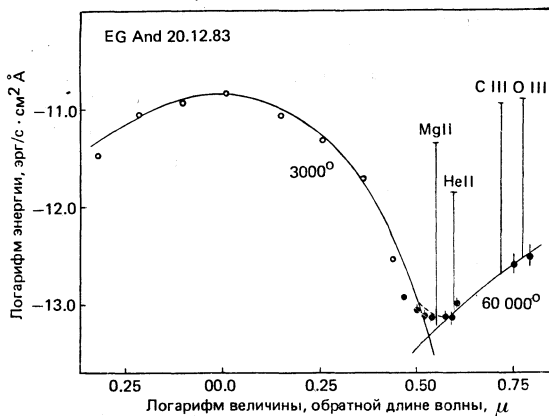
В УФ-спектрах расположено во много раз больше спектральных линий, чем в визуальной области спектра. Регистрация спектра на «Астроне» производилась с умеренным спектральным разрешением. Поэтому анализировались не отдельные линии, а целые участки спектров, содержащие интересные нас линии. По модели атмосферы рассчитывали участок спектра с учетом всех известных линий и конечного спектрального разрешения ( $\Delta\lambda = 0,4 \text{ Å}$  для разных величин содержания

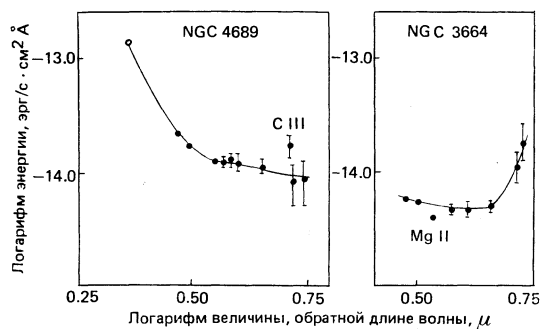
интересующего элемента). Из сопоставления наблюдаемого и теоретического спектров и определяется содержание элементов.

Звезды типа  $U$  Близнецов или карликовые новые характеризуются небольшими вспышками, повышающими их блеск на одну — три звездных величины. Продолжительность таких вспышек — около недели, и в среднем друг от друга они отстоят на несколько десятков дней. Между вспышками большинство звезд сохраняет постоянный блеск.

Карликовые новые являются двойными звездами, оба компонента которых — звезды с очень низкой визуальной светимостью (на диаграмме спектр-светимость они расположены намного ниже главной последовательности). У главного компонента, более яркого в видимой области спектра, спектральный класс обычно холоднее, чем спектральный класс  $F$ . По косвенным признакам (эмиссионные линии в общем спектре), вторичный компонент имеет высокую температуру. Предполагают, что материя, истекающая из главного компонента, захватывается вторичным компонентом, то есть происходит аккреция вещества, в результате которой и осуществляется сильный разогрев вещества, окружающего вторичный компонент, а также возникают различные нестационарные процессы. Поскольку основная часть излучения таких процессов сосредоточена в далеком

**Распределение энергии в спектре симбиотической звезды EG Андромеды. Точки с черточками — наблюдения на «Астроне», кружочки — наземные наблюдения. Штриховая линия — суммарное излучение двух источников разных температур (они обозначены сплошными линиями)**





Распределение энергии в спектрах галактик NGC 4689 и NGC 3664.

Точки — наблюдения на «Астроне», кружок — наземные наблюдения. Вертикальные черточки указывают ошибки наблюдений. Там, где их нет, ошибки не превышают размер точки

ультрафиолете, наблюдения в этом диапазоне играют решающую роль.

В программу исследований на АС «Астрон» были включены несколько карликовых новых. Одновременно эти звезды фиксировал наземный телескоп Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Оказалось, что по величине горячий источник примерно в 30 раз меньше холодного. Размер холодного источника — по результатам наземных наблюдений — составляет несколько десятых радиуса Солнца, следовательно, размер горячего источника не превышает тысячных долей радиуса Солнца. Если таковой источник — вторичный компонент, то он по размерам должен быть меньше Земли! Впрочем, есть и другое истолкование наблюдательных данных: горячий источник — это пятно на аккреционном диске.

В программу наблюдений АС «Астрон» включены также несколько симбиотических звезд, чрезвычайно интересных объектов (Земля и Вселенная, 1983, № 3, с. 14. — Ред.). В их спектрах сочетаются, казалось бы, противоречивые характеристики: полосы поглощения окиси титана, соответствующие спектральным классам М 3 и холоднее (порядка 3000 К), и сильные эмиссионные линии, принадлежащие высокоионизированным элементам вплоть до Fe VII. Симбиотические звезды — это двойные гигантские системы, у которых главный компонент — красный гигант. Из него истекает материя, частично захватываемая вторичным компонентом. В результате аккреции гравитацион-

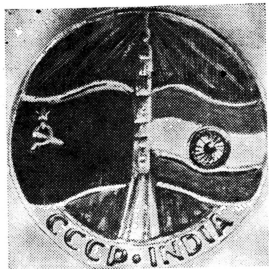
ная энергия преобразуется в тепловую, сильно разогревая вещество.

Упомянутые процессы не стационарны, и общий блеск звезды существенно меняется. Порой наблюдаются вспышки, когда блеск возрастает на четыре звездных величины в видимой области спектра. Но все же основные изменения происходят в ультрафиолетовой области спектра, где доминирует излучение горячего компонента.

К сожалению, симбиотические звезды расположены далеко от Солнца и нельзя определить расстояние до них по тригонометрическим параллаксам. Спектры холодных компонентов соответствуют гигантам класса М. Если мы предположим, что характеристики холодного компонента аналогичны характеристикам нормального гиганта, то его размер будет около 50 радиусов Солнца. Из соотношения интенсивностей излучения следует, что горячий компонент имеет размеры в несколько тысяч раз меньше, чем холодный, то есть несколько сотых радиуса Солнца. По-видимому, во время наблюдений «Астроны» горячим источником было пятно на аккреционном диске.

Большой интерес представляет исследование галактик в ультрафиолетовой области. Известно, что галактики представляют собой совокупность чрезвычайно разнородных объектов: звезд различной температуры, эмиссионных туманностей неодинаковой плотности и степени возбуждения, пылевых облаков и других объектов. Поэтому их интегральные спектры, выявляющие общие тенденции, интерпретировать непросто. И здесь неоченимо расширение спектрального диапазона. Наблюдения в красной области практически исключают все горячие объекты. Напротив, при наблюдениях в УФ-области исключаются холодные звезды, которые, как правило, определяют наблюдаемый в визуальной области интегральный спектр галактик; в результате астрономам предоставляется возможность исследовать горячие области.

Наблюдения, проведенные на «Астроне», показали: УФ-спектры галактик заметно различаются, даже если в визуальной области они довольно близки. Это свидетельствует, что вклад горячих источников различен. Обнаруженные особенности ультрафиолетовых спектров галактик еще ждут своего объяснения. И немалую роль здесь может сыграть станция «Астрон», продолжающая свою астрофизическую «вахту».



Сотрудник Совета «Интеркосмос»  
С. А. НИКИТИН

## СССР—Индия: на космических орбитах

**Сотрудничество Советского Союза и Индии в изучении и освоении космического пространства в мирных целях началось более 20 лет назад. Апрель 1984 года вписал яркую страницу в историю тесных дружественных связей между СССР и Индией, в историю их плодотворных совместных исследований космоса.**

### НАЧАЛО СОТРУДНИЧЕСТВА

Первые советско-индийские работы по изучению космического пространства были связаны с созданием на юге Индостана, в Тхумбе близ г. Тривандрум (штат Керала), международного исследовательского полигона для ракетного зондирования верхней атмосферы Земли. Полигон получил название ТЕРЛС (Thumba Equatorial Rocket Launching). В создании этого полигона, расположенного в районе геомагнитного экватора, вместе с Индией приняли участие Советский Союз, США, Франция, Япония и другие страны.

13 января 1964 года Главное управление гидрометеорологической службы СССР и Департамент атомной энергии правительства Индии подписали соглашение об оказании Советским Союзом помощи в оснащении полигона ТЕРЛС оборудованием для проведения научных экспериментов. Официальное открытие полигона состоялось 2 февраля 1968 года в присутствии премьер-министра Индии Индиры Ганди и ученых из многих стран.

14 мая 1970 года Гидрометслужба СССР и индийская Комиссия по атомной энергии заключили новое соглашение о проведении систематического ракетного зондирования с полигона ТЕРЛС советскими метеорологическими

ракетами М-100. На борту ракет, запускаемых на высоты до 100 км, устанавливается научная аппаратура, разработанная в Советском Союзе и Индии. Цель их запусков — исследование структуры и циркуляции верхней атмосферы Земли в экваториальных широтах, изучение связи атмосферных процессов с активностью Солнца.

На советской и индийской научной аппаратуре, установленной на индийских ракетах «Центавр-11Б», с полигона проводятся также эксперименты по изучению ионосферы в районе геомагнитного экватора.

Полученная информация о характере метеорологических процессов, происходящих в верхней атмосфере в тропических широтах, используется советскими и индийскими специалистами в оперативной синоптической практике для повышения точности прогнозирования погоды. Одновременно результаты экспериментов поступают в мировые геофизические центры.

Следующий важный шаг по пути углубления и развития советско-индийского сотрудничества в космических исследованиях был сделан 10 мая 1972 года, когда в Москве Академия наук СССР и Индийская организация космических исследований (ИСРО) подписали соглашение о запуске первого индийского спутника с помощью советской ракеты-носителя.

В 1975 и 1979 годах АН СССР и ИСРО подписали еще два соглашения, предусматривавшие запуск советскими ракетами-носителями индийских спутников.

В настоящее время советско-индийское сотрудничество в области космических исследований развивается по следующим направлениям: оказание Индии научно-технической помощи в разработке и запуске искусственных спутников Земли; исследование верхних слоев атмосферы методами ракетного зондирования; исследования в области гамма-астрономии; наблюдения искусственных спутников Земли.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММ

19 апреля 1975 года, 7 июня 1979 года и 20 ноября 1981 года с космодрома Капустин Яр советские ракеты-носители вывели на орбиты индийские спутники «Ариабата», «Бхаскара» и «Бхаскара-2». Советская сторона оказала необходимые консультации на всех этапах разработки и подготовки индийских спутников к запуску, изготовила для них ряд систем и агрегатов (системы стабилизации, солнечные и химические батареи системы электропитания, бортовые запоминающие устройства, термопокрытия), приняла участие в управлении полетом первого индийского спутника с наземной станции в Медвежьих озерах под Москвой.

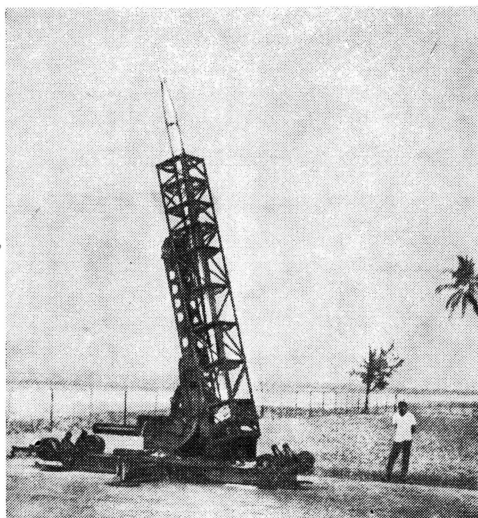
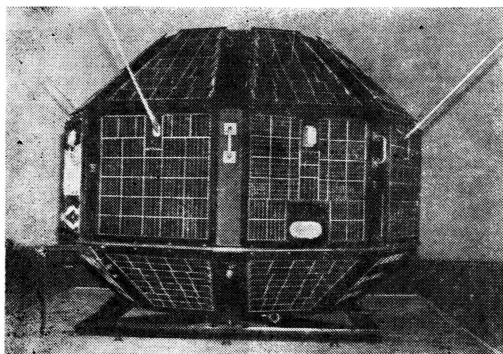
Первый индийский спутник «Ариабата» весом 360 кг предназначался для исследований в области рентгеновской астрономии, регистрации нейтронного и гамма-излучения Солнца и измерения потоков частиц и радиации в ионосфере. Основное назначение спутников типа «Бхаскара» — изучение природных ресурсов Индии. На спутниках были установлены, в частности, двухканальные телевизионные системы, работающие в видимом и в ближнем инфракрасном диапазонах спектра, и трехканальные СВЧ — радиометры САМИР, измеряющие радиояркие температуры атмосферы и подстилающей поверхности.

Спутники «Ариабата», «Бхаскара» и «Бхаскара-2» функционировали длительное время и выполнили поставленные перед ними задачи.

В 1976 году в городе Кавалор (штат Тамилнад) при Астрофизическом институте создана советско-индийская станция для наблюдений

Индийский спутник «Ариабата»

Фотохроника ТАСС



Старт метеорологической ракеты  
М-100 с полигона ТЕРЛС

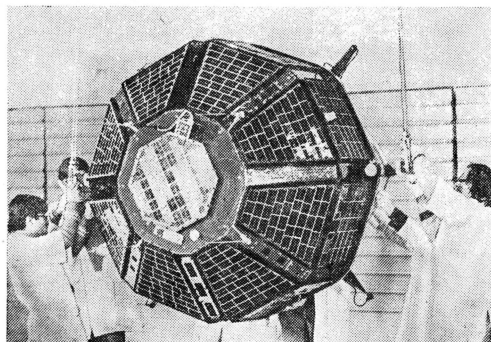
Фото из книги «Орбиты сотрудничества»  
(М.: Машиностроение, 1983)

искусственных спутников Земли, ведущих научные исследования в области геодезии, геодинамики и структуры верхней атмосферы Земли.

Станция была оснащена советской автоматической фотокамерой АФУ-75, лазерным спутниковым дальномером «Интеркосмос» и аппаратурой для точной регистрации времени и обработки данных, полученных в ходе измерений. Точность измерения расстояния до спут-

Подготовка индийского спутника  
«Бхаскара-2», выведенного на орбиту советской  
ракетой-носителем 20 ноября 1981 года

Фотохроника ТАСС





ников посредством лазерного дальномера при дальности до 5000 км составляет около 1 м.

Регулярная эксплуатация фотокамеры АФУ-75 на советско-индийской станции в Кавалоре проводится с 1978 года, лазерного дальномера «Интеркосмос» — с января 1980 года.

В 1977—1981 годах ученые СССР и Индии совместно провели эксперименты в области внеатмосферной астрономии, применив советские гамма-телескопы, которые были установлены на индийских высотных аэростатах. Была разработана методика проведения измерений космического гамма-излучения и вторичных заряженных частиц в космических лучах с использованием гамма-аппаратуры, изготовленной в Советском Союзе. Аэростаты запускались в районе геомагнитного экватора со стратосферной станции Института фундаментальных исследований имени Тата в Хайдарабаде. В этом районе фон вторичных частиц (гамма-квантов и электронов), создаваемый космическими лучами, имеет минимальную величину по сравнению с другими районами земного шара, и потому с достаточной достоверностью можно исследовать даже самые слабые гамма-источники. Аэростаты совершили 9 полетов в различное время года, предоставив специалистам интересные научные данные.

Следует подчеркнуть, что в ходе совместной работы над тремя первыми спутниками индийские ученые и специалисты приобрели необходимый опыт, которым щедро делились советские коллеги. Это позволило Индии решить сложные научные и технологические проблемы, связанные с созданием космических аппаратов, и быстро приступить к самостоятельным космическим исследованиям. Теперь Индия седьмая страна, способная выводить в космос спутники собственными ракетами-носителями. Индийские специалисты изготовили спутники «Рохини» и «Эппл» — их выводили на орбиту индийские ракеты-носители, а также ракета-носитель «Ариан» Европейского космического агентства.

## СОВЕТСКО-ИНДИЙСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ

Логическим продолжением многолетнего советско-индийского сотрудничества в космических исследованиях стал полет советских и индийского космонавтов на советском космическом корабле «Союз Т-11» и орбитальной станции «Салют-7».



Эмблема советско-индийского  
пилотируемого космического полета

Согласно договоренности между правительствами обеих стран, в сентябре 1982 года два индийских кандидата в космонавты — Р. Шарма и Р. Мальхотра — прибыли в Центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина и приступили к занятиям и тренировкам. Успешно закончив все этапы подготовки и сдав установленные экзамены, индийские кандидаты в космонавты были включены в состав двух экипажей. Основной экипаж: командир Ю. В. Малышев, бортинженер Н. Н. Рукавишников, космонавт-исследователь Р. Шарма; дублирующий экипаж: командир А. Н. Березовой, бортинженер Г. М. Гречко, космонавт-исследователь Р. Мальхотра. Впоследствии бортинженер основного экипажа Н. Н. Рукавишников из-за болезни был заменен Г. М. Стрекаловым.

Советские и индийские ученые и специалисты подготовили для международного экипажа интересную научную программу, включающую исследования и эксперименты по космической медицине, по изучению природных ресурсов Индии из космоса и космическому материаловедению.

Советско-индийский международный экипаж (командир корабля летчик-космонавт СССР Ю. В. Малышев, бортинженер летчик-космонавт СССР Г. М. Стрекалов и космонавт-исследователь гражданин Республики Индии Ракеш Шарма) стартовал с космодрома

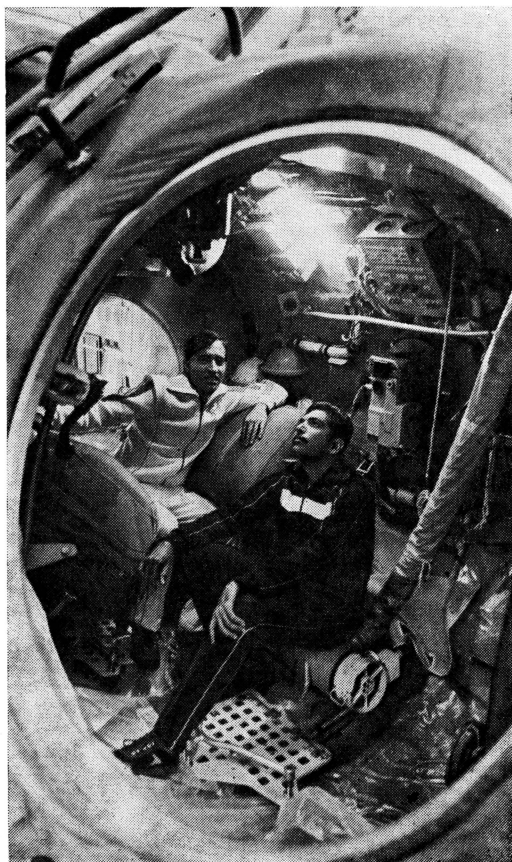
Байконур на космическом транспортном корабле «Союз Т-11» 3 апреля 1984 года в 17 ч 09 мин. Ракета-носитель вывела корабль на начальную орбиту с высотой в перигее 202 км, высотой в апогее 240 км, наклонением  $51,6^\circ$  и периодом обращения 88,6 мин. В этот же день на 4 и 5 витках полета был осуществлен двухимпульсный корректирующий маневр, в результате которого космический корабль «Союз Т-11» перешел на орбиту высотой  $222 \times 295$  км. Научно-исследовательский комплекс «Салют-7» — «Союз Т-10» совершал в это время полет по орбите с параметрами: высота в перигее 294 км, высота в апогее 305 км, наклонение  $51,6^\circ$ , период обращения 90 мин.

На следующий день формирование монтажной орбиты продолжалось, и 4 апреля 1984 года в 18 ч 35 мин корабль «Союз Т-11» выполнил стыковку с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-10». В тот же день в 21 ч 36 мин Ю. В. Малышев, Г. М. Стрекалов и Р. Шарма перешли в помещение станции — на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10» — «Союз Т-11» приступил к работе международный экипаж из шести космонавтов.

Программа полета международного экипажа включала 8 экспериментов: 6 — по космической медицине, технологический эксперимент «Переохлаждение» и эксперимент «Терра» по дистанционному зондированию Земли в целях изучения природных ресурсов Индии.

Работу на орбите космонавты начали с эксперимента «Оптокинез». Эксперимент должен был определить, каковы состояние глазодвигательной функции и особенности вестибулярно-зрительного взаимодействия в условиях космического полета. Медицинские эксперименты «Анкета» и «Опрос» уже стали традиционными для международных экипажей, выполняющих полеты на советских орбитальных станциях «Салют». С их помощью продолжается изучение симптоматики вестибулярных расстройств в полете и в период реадaptации, а также выявление определенной связи с данными об устойчивости к укачиванию в наземных условиях. Кроме того, эти эксперименты позволяют оценить влияние различных этапов полета на психологическое состояние членов экипажа, особенно на их настроение.

В эксперименте «Вектор» изучали био-



Индийские космонавты  
Равиш Мальхотра (справа)  
и Ракеш Шарма в переходном отсеке  
тренажера орбитальной станции «Салют»

Фотохроника ТАСС

электрическую активность сердца, фазовую структуру сердечного цикла и объемы гемодинамики в условиях космического полета с применением методов электрокардиографии и кинетокардиографии.

Большой интерес для космической медицины имел эксперимент «Баллисто». Оценка и прогнозирование состояния сердечно-сосудистой системы космонавта связаны с исследованием силы сердечных сокращений и координированности работы правых и левых отделов сердца. Одним из методов решения этой задачи служит баллистокардиография — регистрация микроперемещений тела, связанных с сердечной деятельностью. Полученные в космических полетах баллистокардиограммы (БКГ)



#### Йога по-космически...

Фотохроника ТАСС

показали, что и сила сердечных сокращений, и координированность работы левых и правых отделов сердца изменяются в зависимости от длительности пребывания в условиях невесомости и активности проводимых физических тренировок. Пока ученые не имеют достаточных экспериментальных данных для окончательных суждений о наблюдаемых в условиях космоса изменениях ЕКГ. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении очень важны для космической медицины.

Среди медицинских экспериментов следует выделить эксперимент «Йога». Установлено, что пребывание человека в невесомости сопровождается нарушениями координации и изменениями состояния различных звеньев

двигательного аппарата. При кратковременных полетах эти изменения связаны преимущественно с рефлекторным снижением мышечного тонуса, обусловленным опорной разгрузкой и вестибулярной дисфункцией. В эксперименте «Йога», который выполнял космонавт-исследователь Р. Шарма, предполагалось изучить возможность применения упражнений по системе йогов в условиях космического полета и эффективность этих упражнений для профилактики неблагоприятных влияний невесомости на опорно-мышечный аппарат.

В технологическом эксперименте «Переохлаждение» на советской установке «Испаритель» выяснялась роль гетерогенных центров зарождения твердой фазы вещества, присутствующих на поверхности расплава (границы «расплав — твердый материал»); определялась степень переохлаждения; выяснялось влияние на переохлаждение конвекции, вызываемой гравитацией и температурными градиентами; исследовалось, можно ли образовывать ме-



На борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10» — «Союз Т-11». Космонавты Г. М. Стрекалов, Р. Шарма и Ю. В. Малышев (на переднем плане). На заднем плане — космонавты О. Ю. Атьков, Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев

Фотохроника ТАСС (Снимок принят по телекосмической связи)

тастабильные фазы и получать массивные аморфные материалы («металлические стекла»).

В эксперименте «Переохлаждение» использовался модельный сплав «серебро — германий», который индийские специалисты выбрали потому, что в Индии ведутся интенсивные работы по технической очистке таких сплавов методом шлакования. Были проведены три эксперимента со сплавами трех различных составов. Результаты экспериментов «Переохлаждение» будут иметь большое значение для практических работ, направленных на

получение самых различных сплавов, используемых в современной технике.

Огромное значение для народного хозяйства Индии имеет комплексный эксперимент «Терра», включавший фотосъемки территории Индии с использованием многозональной аппаратуры МКФ-6М и камеры КАТЭ-140; визуальные наблюдения и фотосъемку с применением ручных фотокамер; проведение индийскими специалистами квазисинхронных подспутниковых аэросъемок и наземных измерений на опытных участках территории Индии; наземную обработку информации, полученной в эксперименте, и ее использование для изучения природных ресурсов Индии в интересах развития национальной экономики страны.

Эксперимент «Терра» планировали проводить в течение девяти пролетов над территорией Индии. По просьбе индийских специалистов эксперимент расширили еще на два пролета, при этом были сняты острова в Бенгальском заливе, принадлежащие Индии.

В общей сложности за время пребывания



международного экипажа на борту научно-исследовательского комплекса многозональной камерой МКФ-6М удалось сделать около 1000 снимков земной поверхности в шести диапазонах спектра; топографической черно-белой камерой КАТЭ-140 отснято около 300 снимков.

После завершения программы совместных работ на борту научно-исследовательского комплекса «Салют-7» — «Союз Т-10» — «Союз Т-11» международный экипаж вернулся на Землю в космическом корабле «Союз Т-10»: 11 апреля 1984 года в 14 ч 50 мин спускаемый аппарат корабля с космонавтами Ю. В. Малышевым, Г. М. Стрекаловым и Р. Шармой совершил посадку в заданном районе территории Советского Союза в 46 км восточнее города Аркалык.

Работа на орбите первого индийского космонавта, несомненно, будет способствовать дальнейшему росту авторитета Индии как космической державы. Полет советско-индийского международного экипажа, работа космонавтов на орбитальном научно-исследователь-

ском комплексе «Салют-7» — «Союз Т-10» — «Союз Т-11» показали пример сотрудничества двух государств с различными социально-экономическими системами в мирном освоении космоса.

Сотрудничество Советского Союза и Индии в космических исследованиях успешно развивается. В 1982 году заключено соглашение, в соответствии с которым советская ракета-носитель должна вывести индийский спутник весом около 900 кг на солнечно-синхронную орбиту, чтобы продолжить исследования природных ресурсов Индии. В феврале 1983 года в Бангалоре был подписан представителями ИСРО и АН СССР протокол о продолжении сотрудничества на новое десятилетие. Протоколом предусматривается претворение в жизнь ряда совместных проектов, исследований и экспериментов, в том числе имеющих прикладное, народнохозяйственное значение.

## Новая зависимость между массой и спектр звезд

По данным о физических параметрах звезд главной последовательности астрономы Челябинского государственного университета М. А. Свечников и Т. А. Тайдакова построили новую зависимость между массой звезды, температурой ее поверхности и спектральным классом.

Установление этой зависимости имеет большое значение для астрофизики. Известно, что массу звезды непосредственно можно измерить лишь в том случае, если она входит в состав двойной системы. Используя наблюдательные данные для этих систем, астрономы находят связь между массой и спектральным классом звезды, а впоследствии уже, зная спектральный класс звезды, можно оценить ее массу. Авторы работы использовали данные о массах и спектрах для 75 затменных двойных и 58 визуально-двойных систем. Всего в работе собраны сведения о

240 звездах, причем все они лежат на главной последовательности.

Наблюдаемая связь между массой звезды ( $\mu$ , в единицах массы Солнца) и эффективной температурой ее поверхности ( $T_{\text{эф}}$  — температура абсолютно черного тела, излучающего такое же количество энергии на единицу поверхности, что и данная звезда) выражается простой зависимостью: в интервале спектральных классов от О до М1

$\lg \mu = 1,58 \times \lg T_{\text{эф}} - 5,9$ , а для маломассивных звезд, начиная со спектрального класса М1 ( $\mu \approx 0,5 M_{\odot}$ )

$\lg \mu = 8,4 \times \lg T_{\text{эф}} - 30,3$

Авторы оценили среднюю ошибку определения масс звезд главной последовательности по



Т а б л и ц а

| Спектр | $T_{\text{эф}}$ (K) | ( $\mu$ ) |
|--------|---------------------|-----------|
| O7     | 38 459              | 27,8      |
| B0     | 29 854              | 15,0      |
| B5     | 15 488              | 4,95      |
| A0     | 9 419               | 2,40      |
| A5     | 8 147               | 1,88      |
| F0     | 6 982               | 1,46      |
| F5     | 6 457               | 1,27      |
| G0     | 5 916               | 1,10      |
| G5     | 5 781               | 1,02      |
| R0     | 5 188               | 0,88      |
| K5     | 4 295               | 0,65      |
| M0     | 3 882               | 0,52      |
| M5     | 3 258               | 0,18      |
| M7     | 2 877               | 0,04      |

их спектрам: она составляет 20—30%, но в отдельных случаях может достигать и 50%.

Полученная зависимость между спектром и массой звезд несколько отличается от принятой до сих пор (Р. У. Аллен. «Астрофизические величины». М.: Мир, 1977, с. 446).

Астрономический журнал, т. 61, вып. 1, 1984



# Новый Государственный эталон времени и частоты

**Требования со стороны различных потребителей точного времени стимулировали проведение работ по совершенствованию Государственного первичного эталона времени и частоты. Новый эталон, созданный в СССР в 1977—1982 годах, превосходит по точности Государственный эталон 1967 года более чем в 200 раз.**

## НЕМНОГО ИСТОРИИ

Первые изготовленные человеком часы (III тыс. лет до н. э.) — **гномон** — показывали время по длине и направлению тени, отбрасываемой вертикально поставленным стержнем. Позже более точное время стали узнавать по наблюдениям за ежесуточными прохождением звезд через небесный меридиан. Определяемое таким образом звездное время пересчитывается в среднее солнечное. Им мы и пользуемся в обиходе.

В процессе развития человечества требования к точности измерения времени росли. В X—XIII веках простейшие солнечные часы — **гномоны** — стали вытесняться более совершенными — **механическими**. По дошедшим до нас сведениям, в 1314 году механик Бомон изготовил и установил один из первых механических часов в Каннах (Франция). В 1404 году были установлены часы на Соборной башне Московского Кремля, — первые часы в Русском государстве.

Многие ученые-механики занимались совершенствованием часов. Среди них следует отметить Галилея — изобретателя маятниковых часов и Гюйгенса, давшего в 1673 году в мемуаре «Маятниковые часы» теорию маятника.

XVII—XVIII века — эпоха бурного развития мореплавания. Корабли вышли в открытый океан. Для них чрезвычайно остро встал во-

прос определения координат. Сегодня всем известно, что по часам, установленным на корабле и показывающим время нулевого меридиана можно определить долготу судна. Такие часы были созданы Джоном Гаррисоном (Англия). За 81 день плавания они отстали всего на несколько секунд. Началась эра широкого применения методов измерения времени для определения координат. В настоящее время на основе этих методов работают многочисленные радионавигационные системы.

## ПЕРВЫЕ ЭТАЛОННЫЕ ЧАСЫ

Ученые-механики продолжали разрабатывать новые более точные часы. **Астрономические маятниковые часы Шорта** (1921, Англия), а затем часы завода «Эталон» (СССР) обладали вариацией суточного хода в несколько тысячных долей секунды. В этих часах был применен «свободный маятник», то есть маятник, который почти не реагирует на внешние влияния (температуру воздуха, давление и вибрации). Он делался из инвара, обладающего малым температурным коэффициентом расширения, или из кварца. Маятник размещали в вакуумированном баллоне, который крепился к фундаменту в специальном подвальном помещении. Такие часы применяли в службах времени до 50-х годов.

На смену им пришли **кварцевые часы**, где в качестве «маятника» используется кварцевый резонатор (Земля и Вселенная, 1966, № 5, с. 43. — Ред.). У самых точных кварцевых часов, разработанных Всесоюзным научно-исследовательским институтом физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ), вариация суточного хода была в тысячу раз меньше, чем у маятниковых часов. Кварцевые часы входили в состав первого Государственного эталона времени и частоты. Имея такие точные часы, ученые, измерив скорость вра-

жения Земли, обнаружили, что Земля — этот естественный эталон времени — неточен (Земля и Вселенная, 1971, № 3, с. 26.—Ред.). Были обнаружены сезонные и вековые изменения угловой скорости вращения Земли, а также ее кратковременные (от суток до месяцев) вариации.

Требовался эталон времени, работающий на иных принципах. В 1954 году Н. Г. Басов и А. М. Прохоров и независимо от них американец Ч. Таунс создали теорию и разработали генераторы высокостабильных колебаний, где роль «маятника» сыграли молекулы аммиака. **Квантовые стандарты частоты** показали свое бесспорное преимущество перед всеми ранее разработанными стандартами. Особенно точными оказались стандарты, основанные на квантовых переходах в атомах цезия и водорода (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 34.—Ред.). Настала эпоха «атомного» времени.

В октябре 1967 года XIII Международная конференция по мерам и весам рекомендовала новое определение единицы времени: «секунда — это продолжительность 9192631770 колебаний излучения, соответствующего резонансной частоте перехода между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущений от внешних полей». Начиная с этого времени в Советском Союзе и всех развитых странах начали работать эталоны, воспроизводящие «атомную секунду».

Первый Государственный эталон времени и частоты СССР, утвержденный Госстандартом в 1967 году, воспроизводил секунду более чем в тысячу раз точнее, чем «естественный эталон» — Земля. Атомная секунда совпадает в пределах порядка  $10^{-8}$  с секундой среднего солнечного времени, которая определялась как промежуток времени, равный  $1/86\,400$  части средних солнечных суток.

На Государственном эталоне времени и частоты воспроизводится национальная шкала атомного времени СССР — TA(SU). Она существует с 1962 года; начало счета в ней совмещено со шкалой всемирного (среднесолнечного) времени TU 2 в 12 часов всемирного времени 1 января 1964 года.

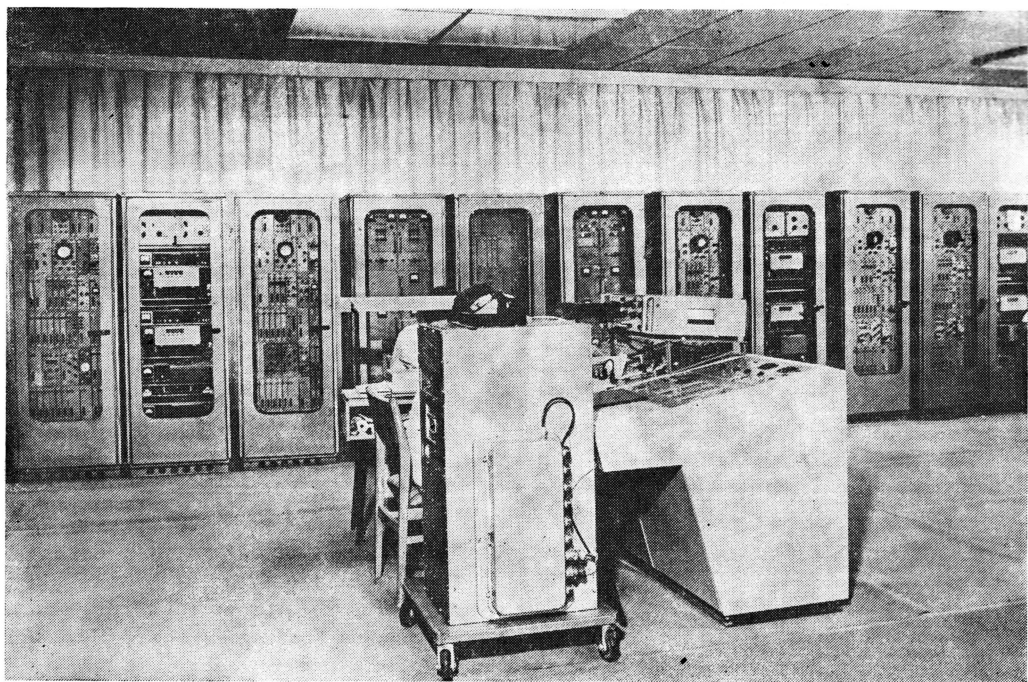
Большинство потребителей точного времени с помощью сигналов, передаваемых специальными радиостанциями государственной службы времени и частоты (ГСВЧ), и передачи сигналов «6 точек» используют шкалу координированного времени — UTC(SU). В этой

шкале размер секунды равен секунде в шкале TA(SU), а начало счета может меняться ровно на одну секунду 1 января или 1 июля в ноль часов по шкале TU 2, так чтобы расхождение между этими шкалами не превышало 0,9 с.

Расширение сферы практического использования методов и средств измерения времени и частоты привело к тому, что стала обычной аппаратура с погрешностью  $10^{-10}$ — $10^{-11}$  и даже  $10^{-12}$ . Для того, чтобы обеспечить единство измерений, необходимо резко повысить точность передачи размера единиц и шкалы времени от Государственного эталона времени и частоты (ГЭВЧ) потребителям.

## НОВЫЙ ЭТАЛОН ВРЕМЕНИ И ЧАСТОТЫ

С 1977 по 1982 год во ВНИИФТРИ совместно с несколькими научно-исследовательскими и промышленными предприятиями создавался новый Государственный первичный эталон времени и частоты. По сравнению с характеристиками эталона 1967 года метрологические данные этого эталона примерно в 200 раз лучше. В нем автоматизированы все процессы внутренних и внешних сличений частот и сигналов времени, а точность передачи размеров единиц и шкалы времени потребителям повысилась почти в 1000 раз. Главная конструктивная особенность нового эталона — **два метрологических цезиевых репера частоты**, позволяющие независимо воспроизводить секунду в соответствии с ее современным определением в системе СИ. Другая важная особенность — введение в состав Государственного эталона **комплекса измерительных систем, построенных на базе высокостабильных лазеров** и расширяющих диапазон измеряемых на эталоне частот от  $10^{10}$  Гц до  $88 \cdot 10^{14}$  Гц. Систематическая погрешность воспроизведения частоты невозмущенного перехода атомов цезия  $\theta_0 = (1 \div 2) \cdot 10^{-13}$  показывает точность эталона по отношению к общепринятому определению секунды и важна как для обеспечения правильности измерений времени и частоты, так и для единства измерений времени в международном масштабе. Среднее квадратическое отклонение результата измерений размера единицы времени  $S_0 = 5 \cdot 10^{-14}$  характеризует воспроизводимость размера единиц времени и частоты и служит важнейшей характеристикой обеспечения единства измерений в Советском



Аппаратный зал  
Государственного эталона времени  
и частоты (ГЭВЧ)

Союзе. Двое таких «часов», работающих непрерывно, разошлись бы на одну секунду только за полмиллиона лет!

Новый Государственный эталон времени и частоты состоит из семи подсистем, обеспечивающих воспроизведение и хранение размеров единиц времени и частоты и шкал атомного времени, а также проведение внутренних и внешних сличений эталона.

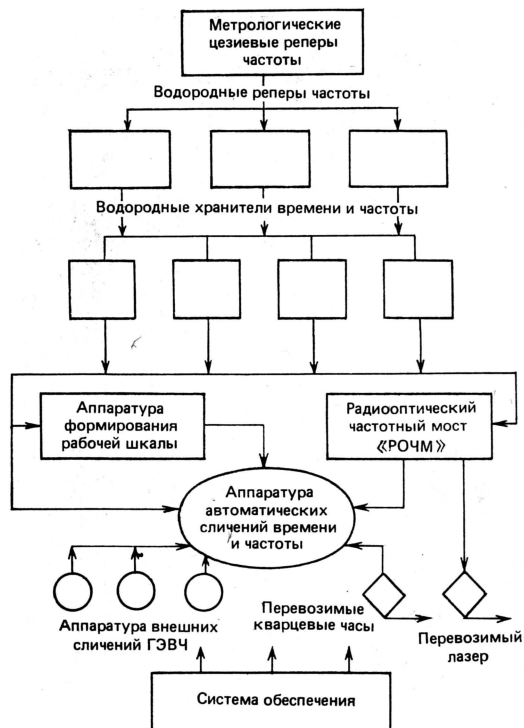
Основу эталона составляют **метрологические реперы частоты**, с помощью которых воспроизводится размер единиц времени и частоты. Цезиевые реперы частоты в настоящее время превосходят по точности все другие стандарты частот. Они состоят: из пучкового радиоспектроскопа, позволяющего наблюдать спектральную линию; рабочих атомов цезия и радиосхемы, дающей возможность сравнивать частоту линий перехода атомов цезия с частотой внешнего сигнала (водородного генератора). В цезиевом репере частота резонанса фиксируется по изменению поведения пучка атомов цезия под воздей-

ствием внешнего электромагнитного поля. Для детектирования пучков атомов цезия используется поверхностная ионизация (атом цезия, попадая на раскаленную вольфрамовую нить, покидает ее в виде положительного иона). Ионный ток, пропорциональный числу атомов цезия, достигает детектора, где собирается коллектором. Чтобы уменьшить влияние внешних полей, резонатор вакуумируют, экранируют и термостатируют.

Хранение размеров единиц и шкал времени обеспечивают **водородные хранители (часы)**. Водородные хранители — самые стабильные часы на интервалах от нескольких секунд до нескольких месяцев, поэтому они также включены в состав эталона времени и частоты.

Для удобства выполнения практических задач на эталоне формируется рабочая шкала — UTC(SU)<sub>p</sub>, которая поддерживается в пределах  $\pm 50$  нс ( $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$ ) от шкалы UTC(SU). В состав Государственного эталона времени и частоты впервые введен **радиочастотный мост — РОЧМ**, позволяющий вести «абсолютные» измерения частот в оптическом диапазоне до  $88 \cdot 10^{14}$  Гц. В составе РОЧМ используются высокостабильные лазеры и в их числе лазер на He — Ne/CH<sub>4</sub> с воспроизводимостью





Принципиальная схема ГЭВЧ.

частоты  $\approx 5 \cdot 10^{-13}$  и нестабильностью частоты  $\approx (1 \div 2) \cdot 10^{-13}$ . Такой комплекс введен в состав эталона времени впервые в мире.

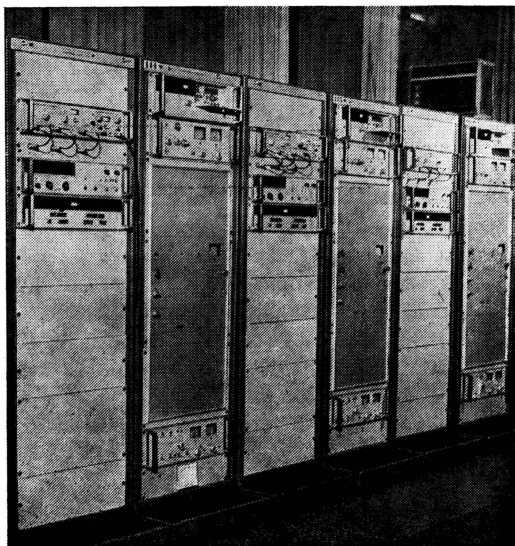
Исследования показывают, что воспроизводимость частоты лазеров можно довести до  $\approx 10^{-14}$ ; это одна из перспектив повышения точности Государственного эталона. Включение в ГЭВЧ радиооптического частотного моста сделало реальным создание единого эталона **времени — частоты — длины**. Ведь по рекомендации консультативного комитета Меж-

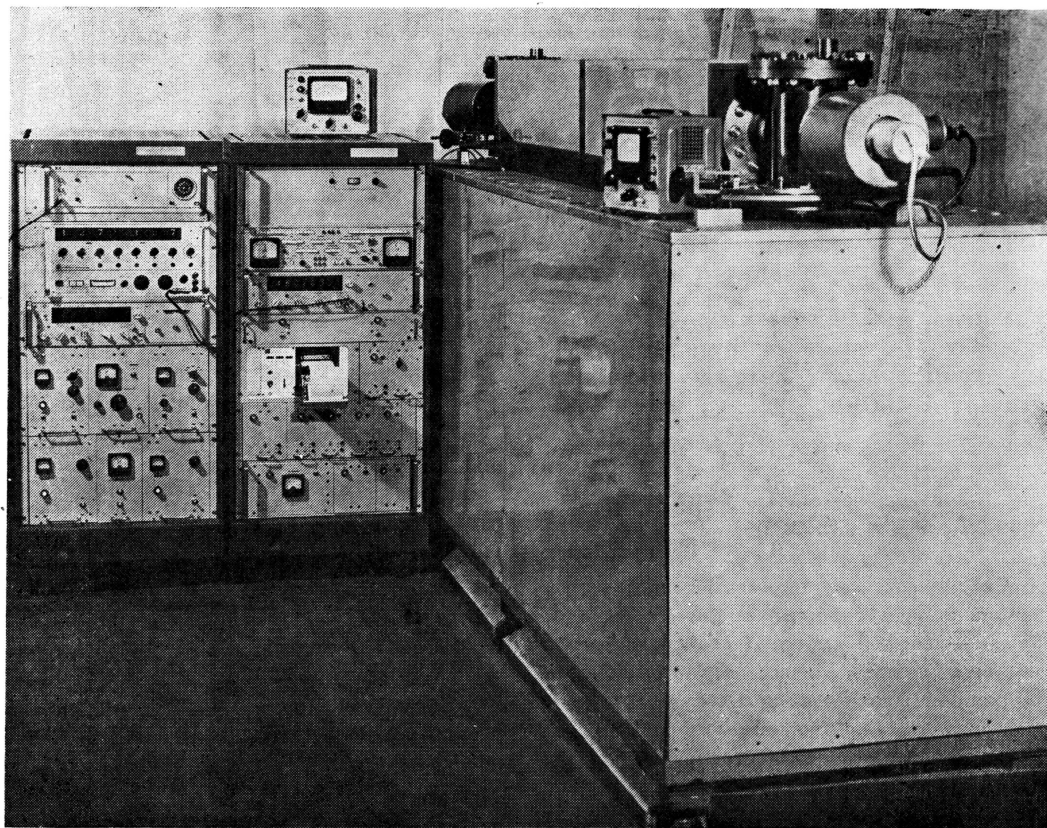
дународного бюро мер и весов в 1983 году было принято новое определение метра: «метр есть длина пути проходимого плоской электромагнитной волной в вакууме за  $1/299792458$  секунды».

Система внешних сличений полностью автоматизирована и обеспечивает сравнение размеров единиц и шкал времени ГЭВЧ и национальных эталонов других стран, а также вторичных эталонов внутри страны. Для этого используются высокостабильные каналы сличений, такие, как передачи сигналов времени и эталонных частот по телевизионным каналам, передачи навигационных сигналов, работающих на частоте 100 кГц. При сравнении эталонов применяют также перевозимые квантовые (цезиевые) часы, которые транспортируются на специальных автобусах, автомашинах и самолетах Аэрофлота. Применяя перевозимые квантовые часы, удается непосредственно сравнивать эталоны. Такие часы незаменимы как средство определения времени распространения сигналов по различным каналам связи. Сличив шкалы времени Государственного эталона — UTC(SU) со шкалами времени лучших зарубежных национальных эталонов времени и частоты, такими как UTC (PTB) — Физико-технический институт ФРГ и UTC (NBS) — Национальное бюро стандартов США, можно сделать вывод, что эти эталоны обладают примерно одинаковой воспроизводимостью единиц порядка  $(4 \div 6) \cdot 10^{-14}$ . Таким

Водородные хранители времени

Принципиальная схема атомно-лучевой трубки





Метрологический цезиевый репер частоты

образом, Государственный первичный эталон времени и частоты входит в число трех лучших эталонов мира.

Новое повышение точности Государственного первичного эталона времени и частоты необходимо для метрологического обеспечения на современном уровне многих научных и технических задач. Частотно-временные методы приобретают все большее значение в самых различных областях науки и народного хозяйства. В частности, они используются в разнообразных системах связи, особенно в создаваемой единой системе связи и автоматизированных системах управления (АСУ). Эти методы необходимы для повышения качества радио- и телепередач, особенно цветного телевидения. Без них нельзя решить вопрос синхронизации работы генераторов отдельных участков создаваемой единой энергосистемы

СССР. На основе частотно-временных методов создаются новые приборы, обслуживающие тончайшие физические эксперименты (например, задачи локации Луны, исследования атомного ядра и др.). Особенно высокая точность измерений (до  $10^{-14}$ ) необходима при проведении радиоинтерферометрических наблюдений квазаров, а также во всевозможных системах навигации: морской, воздушной и космической.



И. А. БЕРЕСНЕВ  
Доктор физико-математических наук  
А. В. НИКОЛАЕВ

# Нелинейная сейсмология

**Изучение нелинейных сейсмических эффектов открывает путь к новым, нетрадиционным методам изучения структуры Земли.**

с величиной амплитуд, нелинейность же, обусловленную физическим строением вещества — **физической**. И тот, и другой тип нелинейности влияет на формирование нелинейных эффектов в бегущих волнах.

## К ЧЕМУ ПРИВОДИТ НЕЛИНЕЙНОСТЬ

### ПРИРОДА НЕЛИНЕЙНОСТИ

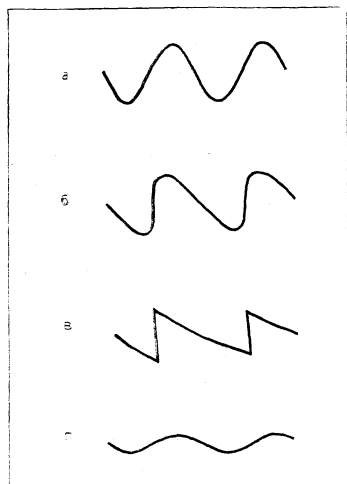
Сейсмическая наука имеет дело с упругими волнами, распространяющимися в недрах Земли — твердой среде, о свойствах которой нам еще многое не известно. Математическая теория таких волн в общем случае нелинейна, и нелинейность эта возникает по двум причинам. Если волна имеет довольно большую амплитуду, сжатия и разрежения в ее поле достигают значительного размаха, то среда перестает линейно реагировать на такие деформации: нарушается классический закон упругости Гука, по которому напряжения в среде пропорциональны ее деформации. Это вполне понятно, ведь закон Гука выполняется только при малых деформациях. Следовательно, нелинейность связана в первую очередь с амплитудой волны.

Но можно представить себе такую среду, которая по своей природе нелинейна даже при малых амплитудах бегущей по ней волны. Вообразим, например, среду, подобную воску, которая тянется, если приложить к ней усилия, абсолютно им не сопротивляясь. Или порошкообразную среду, которая из-за отсутствия значительных сил сцепления между частицами реагирует на сжатия, но сыплется, не оказывает никакого сопротивления разрежениям. Разумеется, это крайние случаи, но они объясняют, почему может возникнуть сильная нелинейность физических свойств.

Установилась такая терминология: нелинейность, связанную с конечностью амплитуд распространяющихся возмущений, называют **геометрической**, как бы подчеркивая ее связь

В классической теории распространения волн царит принцип суперпозиции: волны, распространяясь, как бы не чувствуют друг друга и полностью сохраняют свои свойства. В нелинейном случае волны независимо существовать не могут, каждая взаимодействует со всеми остальными. Нелинейность приводит и к тому, что даже одиночная бегущая волна распространяется, изменяя свою форму, она как бы взаимодействует сама с собой.

Вот типичная картина распространения синусоидальной волны в нелинейной среде: бегущая волна генерирует кратные гармоники, то есть волны с удвоенной, утроенной и т. д. частотой, причем амплитуды всех гармоник нарастают пропорционально пройденному расстоянию. Этот процесс обычно называют умножением частоты. Возникающие гармоники, складываясь, приводят к интересному явлению: профиль первично синусоидальной волны искажается и постепенно «заваливается». Когда накапливающиеся искажения достигают предела, профиль превращается в пилообразный, с вертикальным передним фронтом. Такую картину каждый мог наблюдать на морском берегу, любясь прибоем. Поначалу пологие морские валы, приближаясь к береговой отмели, становятся все круче и, наконец, совершенно отвесными стенами обрушиваются на берег. Здесь «работает» тот же самый механизм — постепенно накапливаются нелинейные искажения. Однако, природа не терпит резких скачков и острых углов: пилообразный профиль неустойчив и быстро «рассасывается», в акустической волне это происходит благодаря резкой активизации процессов поглощения

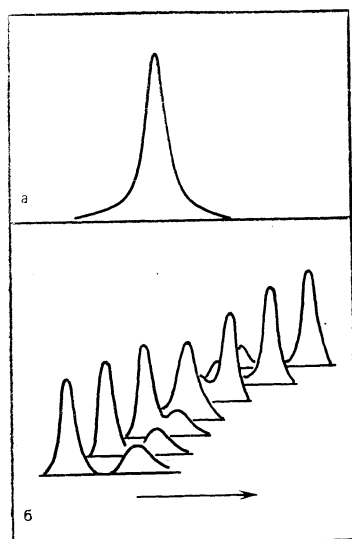


#### Профили нелинейных волн.

а — начальный синусоидальный профиль,  
б — нарастание «завала» переднего фронта,  
в — сформированный пилообразный профиль типа «морского прибоя», г — «старая» ослабленная волна

упругой энергии на крутом переднем фронте волны, и в конце концов она вновь становится синусоидальной, правда, уже с гораздо меньшей амплитудой.

А вот другой простой и типичный случай: в нелинейной среде распространяется не одна, а две синусоидальных волны с разными частотами. Для них, как мы уже знаем, принцип суперпозиции не выполняется; волны влияют друг на друга. Физически это просто понять: каждая волна изменяет свойства среды, и такое изменение не может не влиять на распространение другой волны, которая бежит уже не по однородной, а по «возмущенной» среде. В линейном случае подобным изменением свойств среды пренебрегают.



Солитон — одnogорбая уединенная волна, распространяющаяся без изменения формы (а). Взаимодействие двух солитонов разной амплитуды (б). Видно, что солитон с большей амплитудой, первоначально располагавшийся сзади, догоняет второй солитон, взаимодействует с ним и оказывается впереди. Замечательно, что, несмотря на нелинейный характер взаимодействия, солитоны прошли друг через друга, не изменив формы

В результате взаимного влияния волн помимо кратных гармоник каждой отдельной волны возникают и гармоники с перекрестными частотами, равными сумме и разности основных; их называют **комбинационными**. Если в среде распространяются не две, а более упругих волн, то они все попарно взаимодействуют, порождая целый спектр новых синусоидальных составляющих. Происходит «перемешивание» частотных спектров начальных возмущений.

Нелинейность — чрезвычайно широкое понятие. Богатство его содержания применительно к волновым процессам еще только начинает раскрываться, «причуды и сюрпризы» нелинейности поистине неисчерпаемы. Мы коснулись лишь самых простых, традиционных следствий нелинейности — изменения формы бегущих волн, возникновения новых гармонических составляющих. Надо сказать, что они были известны ученым еще в прошлом веке. Теперь же физики открывают более тонкие и интересные нелинейные явления, и связаны они с особенностями строения реальных сред, их способностью проводить волны разных типов, со сложной зависимостью свойств бегущих волн от их амплитуды и частоты. Чем больше типов волн существует в среде, чем сложнее их свойства, тем интереснее их нелинейная динамика, многообразнее возникающие эффекты.

При одних условиях возбужденные волновые возмущения могут распадаться, несмотря на большую начальную интенсивность, при других — наоборот, усиливаться за счет остальных компонентов. Явления эти носят название **неустойчивостей**. Узкие волновые пучки, излученные в нелинейной среде, могут испытывать тенденцию к самофокусировке, но в то

же время при несколько иных условиях они, наоборот, дефокусируются. Волны с близкими частотами могут синхронизоваться между собой, то есть полностью слиться. При определенных условиях первоначально синусоидальные возмущения распадаются на совокупность уединенных одnogорбых импульсов — **солитонов**, удивительные свойства которых заключаются в неизменности их формы и способности проходить друг через друга.

Открытия последних лет показывают, что солитоны универсальны в природе и характерны для самых разнообразных физических полей — упругих, электромагнитных, для волн на поверхности жидкости. Понятие солитона приобретает в физике фундаментальный смысл.

Все эти красивые и в то же время сложные явления изучаются в рамках бурно развивающейся сейчас **физики нелинейных волн**. Их изучение представляет не меньший интерес и в нелинейной сейсмике.

## НЕЛИНЕЙНОСТЬ В СЕЙСМИКЕ

Классическая и нелинейная сейсмика имеют характерные методологические различия. Теоретической основой классических сейсмических исследований служит линейная теория упругости, именно поэтому из поля зрения ускользает масса интересных явлений, которые можно было бы успешно изучать. К тому же исследования эти до недавних пор традиционно проводились с волнами от землетрясений и искусственных взрывов, параметрами которых практически нельзя управлять. Так что возможности были явно ограниченными. Ситуация коренным образом изменилась в последнее десятилетие, когда в практику вошли **невзрывные управляемые вибрационные излучатели**. Они способны возбуждать сигналы практически любой желаемой формы, частоты и направленности. Такой мощный инструмент дает возможность проникать в самую тонкую структуру сейсмических явлений, проследить эволюции отдельных гармонических составляющих. Создатель отечественной сейсмологии академик Б. Б. Голицын когда-то уподобил землетрясение вспышке яркого фонаря, который на минуту освещает нам строение земных глубин. Можно сказать, что скоро в наших руках появится яркий прожектор, негаснущий луч которого мы сможем направить в любую область глубоких недр Земли.

В нелинейной сейсмике центральный во-

прос — это вопрос о физической нелинейности горных пород. К мысли о ней можно прийти уже из рассмотрения известных экспериментальных фактов. Сейсмологи знают, что приращение балльности землетрясения в каком-либо районе сильно зависит от свойств самого верхнего рыхлого почвенного слоя толщиной 2—10 м. «Линейная» концепция этого слоя в данном случае ничего нам не объясняет, нелинейная же теория дает хорошее согласие с наблюдениями.

Интересные экспериментальные результаты связаны с сейсмическими волнами от мощных удаленных взрывов. Волны обнаруживают «странные» свойства. Их форма на большом расстоянии от источника сравнительно слабо зависит от его энергии и свойств грунтов, в которых производится взрыв. Фазой первого вступления волны часто оказывается не сжатие, как это должно быть в линейной среде, а растяжение.

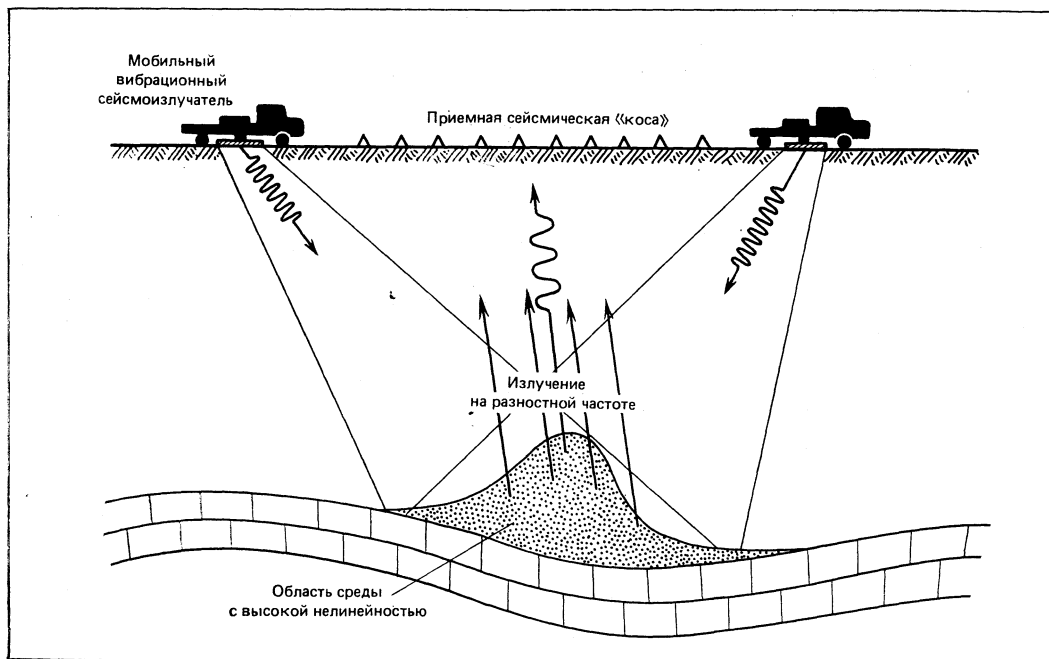
Есть еще интересное явление: скорость сейсмических волн в породах увеличивается, когда возрастает действующее на них давление. Сейсмологам хорошо известно, например, что изменение давления в некоторой области земной коры или мантии в период подготовки крупного землетрясения может заметно изменить скорость распространения упругих волн в этой области. Это явление очень важно. Сделанные с его учетом вычисления указывают на гигантскую физическую нелинейность горных пород. Получается, что для удовлетворительного объяснения наблюдаемых закономерностей часто просто невозможно не учитывать физическую нелинейность земной коры и мантии. К этому факту сейчас привлечено внимание ученых.

Мы упоминали о геометрической нелинейности, связанной с конечностью амплитуд волн. Она, по-видимому, вносит меньший вклад в динамику сейсмических волн, но, несомненно, существенна для волн от крупных землетрясений, несущих большую энергию и вызывающих сильные деформации горных пород. В этом случае учет геометрической нелинейности необходим.

## НЕЛИНЕЙНОЕ ПРОСВЕЧИВАНИЕ НЕДР

Особенности структуры вещества Земли на малых и больших глубинах, его микронеоднородность и сложная дислоцированность, разнообразие физико-химических свойств суще-





**Нелинейная «сейсмолокация» недр.**  
 Две подвижные вибрационные сейсмические установки на некотором расстоянии друг от друга «прозвучивают» среду мощными пучками сейсмических волн. В области с аномальными нелинейными свойствами пучки взаимодействуют, и на поверхности регистрируется «переизлученное» поле разностной частоты. После обработки записей выявляются свойства аномальной области

ственно влияют на формирование нелинейных свойств упругих полей. Эти особенности могут привести к обнаружению новых, нетрадиционных явлений, которые в настоящий момент даже не предсказываются теорией.

Сейчас установлено, что характеристики физической нелинейности твердых тел весьма чувствительны к особенностям их реальной микроструктуры. Измерение этих характеристик дает полезную информацию при экспериментальном изучении внутренних и остаточных напряжений в твердых телах, картины распределения в них дислокаций. Такие методы уже нашли применение в нелинейной акустике и физике твердого тела. Сейсмологам они помогут лучше понять состояние вещества на больших, недоступных прямому наблюдению глубинах.

Большие перспективы открывает нелинейная сейсмика для нетрадиционных методов разведки. Ведь мы можем рассматривать нелинейные свойства среды как отдельную независимую ее характеристику, имеющую аномалии в определенных участках. Например, повышенными нелинейными свойствами отличаются растрескавшиеся зоны геологических разломов, коллекторские газонасыщенные зоны повышенной пористости. И новые методы сейсморазведки в будущем собираются ориентировать на изучение нефтяных, газовых месторождений, а также месторождений, приуроченных к разломным зонам. Все эти методы можно объединить под названием **нелинейное просвечивание**.

В нелинейном просвечивании используется эффект взаимодействия сейсмических волн. Если на поверхности расположить два вибрационных источника, работающих на разных частотах, то во внутренней области с повышенными нелинейными свойствами будут интенсивно взаимодействовать два «падающих» поля, и эта область станет как бы пространственной антенной, излучающей волны на комбинационных частотах. Комбинационные волны регистрируются на поверхности, и по их амплитуде, времени и направлению прихода определяются местоположение аномальной области и ее нелинейные свойства. Нелинейные

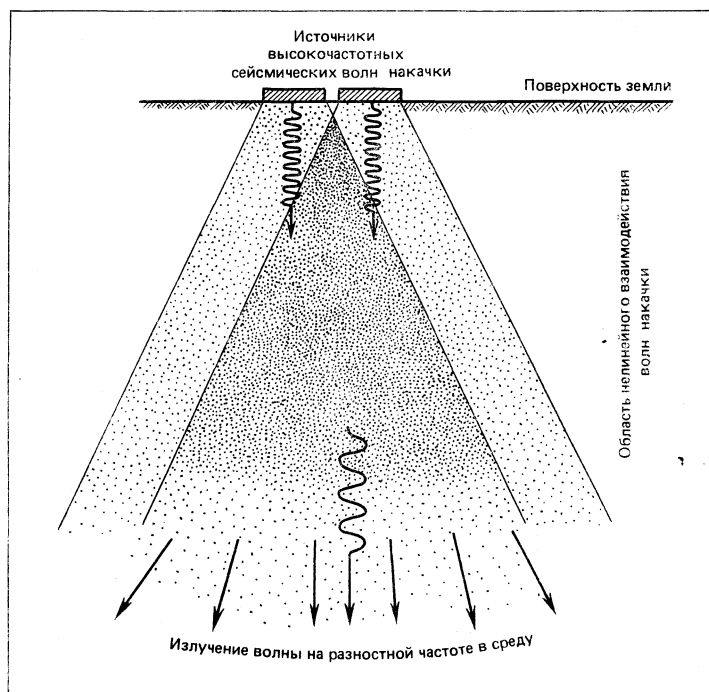
свойства горных пород можно определить и по искажению формы распространяющейся в них одиночной синусоидальной волны. Существуют зависимости, связывающие характеристики нелинейности с пористостью и другими практически важными параметрами горных пород. Таким образом, нелинейное просвечивание позволяет проводить глубокую геологическую обработку его результатов.

Сейчас успешно решается в нелинейной акустике и уже начинает внедряться в сейсмоку крупная практическая задача — создание **параметрических приемных и излучающих антенн**. Это нового типа излучатели и приемники, непосредственно использующие нелинейное взаимодействие упругих волн. Как работает параметрическая излучающая антенна? Представим себе два излучателя, расположенных близко друг к другу на поверхности Земли, которые возбуждают синусоидальные сигналы с близкими частотами. Это **сигналы накачки**. Распространяясь в среде в одном направлении, они взаимодействуют, порождая комбинационные волны. Если частоты накачки велики, то и сами сигналы, и сигнал на суммарной частоте на некотором расстоянии от источника затухнут, в то время как низкочастотный сигнал на разностной частоте будет

и дальше распространяться в среде. Таким образом, область, расположенная под источниками размером примерно в длину затухания высокочастотной части поля, будет играть роль эффективной «бестелесной» антенны, излучающей волну низкой разностной частоты.

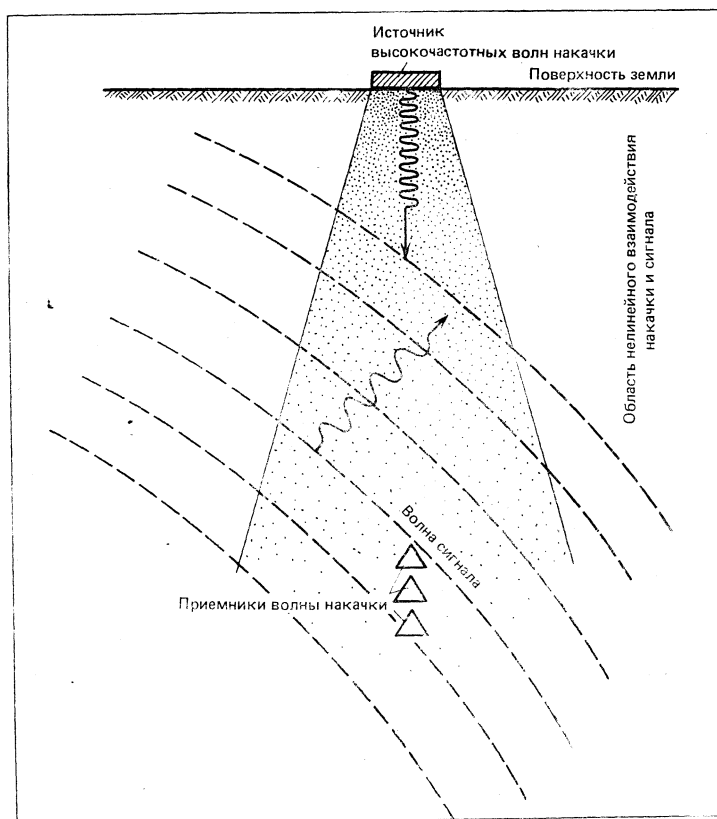
Параметрическая излучающая антенна имеет ряд важных преимуществ. Основные из них — обеспечение узкой направленности низкочастотного излучения и широкополосность, то есть возможность перестройки излучаемой низкой частоты в широких пределах. Оба эти эффекта достигаются в обычных линейных антеннах сильным увеличением их габаритов. Указанные преимущества параметрического излучателя обусловлены тем, что, по сути дела, роль элемента, формирующего излучаемый сигнал в нем выполняет сама среда, в которой взаимодействуют первичные поля накачки.

Еще одно обстоятельство делает очень важной проблему создания параметрических излучателей. Дело в том, что вибрационные излучатели не могут возбуждать волны низкой частоты порядка нескольких герц, поскольку приповерхностные толщи грунтов сильно «сопротивляются» низкочастотному воздействию. (Говорят, что источник и грунт на низ-



**Нелинейная параметрическая излучающая антенна. Высокочастотное излучение вибраторов накачки генерирует волны на разностной частоте, которые выполняют роль выходного сигнала антенны**

**Нелинейный параметрический прием сейсмических волн. Сигнал от произвольного искусственного или естественного источника, который нужно уловить, взаимодействует с высокочастотной системой «вибратор накачки — приемники», и по изменению спектрального состава излучения накачки судят о свойствах принимаемого сигнала**



ких частотах «рассогласованы».) В параметрических излучателях вибраторы накачки работают на более высоких частотах, где соблюдаются условия согласованности с грунтом, а в среде при этом возбуждаются колебания низкой частоты. Вот почему создание таких излучателей решит проблему излучения низкочастотных сейсмических волн. Практическое значение этого решения связано с тем, что задачи вибрационного просвечивания глубоких недр Земли требуют применения длинных сейсмических волн.

Существует идея создать параметрический излучатель в скважине, заполненной жидкостью, идея, вероятно, весьма перспективная. Ведь физические процессы взаимодействия акустических волн в жидкой среде намного проще, расчет поддается удобному теоретическому описанию, и, главное, характеристики такого излучателя можно по желанию изменять. Эта привлекательная идея — заставить «звучать» на низкой частоте скважину — уже близка к реализации. Сейчас она разрабаты-

вается в Научно-исследовательском радиофизическом институте в Горьком.

Идея нелинейной приемной антенны аналогична уже рассмотренной. Теперь только один вибратор устанавливается на поверхности Земли и излучает вниз высокочастотные синусоидальные колебания накачки. На некоторой глубине под вибратором (например, в скважине) располагается группа сейсмографов. Система вибратор — сейсмографы и образует параметрическую приемную антенну. Теперь, если в среде распространяется какой-либо низкочастотный сигнал (который нам нужно «поймать»), то он будет взаимодействовать с полем накачки, образуя комбинационные гармоники. Результат взаимодействия зарегистрируют сейсмографы, а по их записям легко определить параметры искомого сигнала. Если одновременно использовать несколько таких приемных систем, то можно выделять принимаемое излучение с какого угодно пространственного направления.

Взаимодействие низкочастотной и высоко-

частотной волн, происходящее в параметрическом приемнике,— достаточно общее свойство сейсмических полей. В ноябре 1983 года в Государственном комитете СССР по делам изобретений и открытий было зарегистрировано открытие московских сейсмологов Л. Н. Рыкунова, О. Б. Хаврошкина, В. В. Цыплакова (МГУ и Институт физики Земли АН СССР), еще раз подтвердившее нелинейную природу такого взаимодействия. Оказалось, что высокочастотные сейсмические шумы Земли достаточно слабой интенсивности «чувствуют» низкочастотные деформационные процессы различной природы, изменяя под их влиянием свои характеристики — частоту, амплитуду и т. д. Такой эффект называют модуляцией. Как писала газета «Известия», «открытие дало начало новому направлению в экспериментальной сейсмологии... и используется при решении практических задач, связанных с прогнозом землетрясений».

## ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЛИНЕЙНОЙ СЕЙСМИКИ

Мы рассмотрели некоторые ближайшие задачи нелинейной сейсмики, решение которых уже начато и, по-видимому, будет завершено в ближайшем будущем. Есть и более далекие перспективы применения методов этой новой области геофизики. Например, это задачи

антисейсмики. При сильных подземных толчках разрушение зданий и сооружений происходит в основном под действием поверхностных волн, имеющих сравнительно низкую частоту — порядка нескольких герц или долей герца. Эти волны можно погасить, применив группу мощных высокочастотных искусственных источников, излучающих во время землетрясения интенсивное поле упругих волн. Накладываясь на разрушительные волны землетрясения, поле это взаимодействует с ними и отбирает у них часть энергии путем образования «комбинационного спектра». Мощные вибрационные источники, необходимые при таких работах, уже создаются. Возможно, что такая «высокочастотная сейсмическая завеса» найдет применение и в проблеме борьбы с микросейсмами и шумами различной природы.

Нелинейная сейсмика делает лишь первые шаги, и впереди нас ждут открытия, новые повороты, успехи и, возможно, неудачи. Но не вызывает сомнения, что правильно выбранные пути развития сейсмики, связанные с еще более глубоким проникновением в изучаемые явления, качественным расширением теоретической базы, изучением тонких волновых эффектов.



## Живой вулкан на Кавказе?

Как считают ученые, последнее извержение вулкана Эльбрус было более тысячи лет назад. Сложенный давно остывшим материалом собственных излияний и выбросов с покрытой льдом и снегом вершиной, он в последнее время ничем себя не проявил. Так что, казалось бы, нет никаких оснований говорить об активности вулкана Эльбрус. И все же такие основания есть. Еще в самом начале нынешнего века на вершине Эльбруса обнаружили выходы сернистого газа. Да и сейчас там в колодцах среди двухметрового снежного покрова видны выходы нагретых газов, а вблизи снеговой линии — термальные источники с температурой воды

выше 20° С. К тому же тепловой поток, идущий из тела Эльбруса, намного больше среднего теплового потока, который регистрируется в складчатой области Большого Кавказа.

Член-корреспондент АН СССР Н. И. Хитаров, Ю. К. Щукин, А. В. Сизов (Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР) считают, что все это говорит о продолжающейся жизни вулкана. Высокая температура и низкая плотность вещества в его недрах под-

тверждают и сейсмические данные, которые здесь в последнее время получены. Стадию теперешнего состояния вулкана можно определить как предкальдерную, поскольку Эльбрус не имеет столь характерной для таких вулканов кальдеры. Судя по расчетным оценкам, относящимся к прошлому вулкана, можно заключить, что интенсивность его деятельности со временем не снижается.

По-видимому, Эльбрус — еще живой вулкан, переживающий сейчас стадию затихья и, возможно, подготовки к новой фазе активной деятельности. Примеров тому немало — внезапный взрыв вулкана Безмянный в 1955 году или недавнее неожиданное извержение Эль-Чичон в Мексике.

Доклады АН СССР, 1984, 275, 4





Профессор  
К. А. КУЛИКОВ

## Владимир Петрович Щеглов (к 80-летию со дня рождения)

28 июня 1984 года академику АН УзССР Владимиру Петровичу Щеглову исполнилось 80 лет.

Родился Владимир Петрович в селе Заречье Новосильского района Орловской области, и детство и юность его прошли среди красивейших мест средней полосы России. В 18 лет В. П. Щеглов поступает в Московский землеустроительный техникум и, закончив его, едет в Саратов, где работает топографом. Два года геодезических работ в заволжских степях проходят быстро, а в 1926 году В. П. Щеглов становится студентом Московского межевого института (ныне МИИГАиК). В 1930 году молодой инженер-геодезист отправляется к месту постоянной работы — в город Ташкент — в Среднеазиатское геодезическое управление. Там он вскоре становится начальником астро-базисной партии. В 1933 году Владимир Петрович проводит сложную экспедицию в пустыне Кызылкум, где измеряет два базиса и определяет несколько астропунктов первого класса. Во время этой экспедиции был преодолен 700-километровый путь на верблюдах.

Свою мечту стать астрономом В. П. Щеглов осуществил в 1933 году, поступив на работу в Ташкентскую обсерваторию (ТАО). Здесь он сразу же активно включился в работу по проверке гипотезы движения материков, которую обсерватория вела в рамках программы Международного астрономического союза.

Но геодезия тоже не забыта — в летние сезоны 1934-36 годов В. П. Щеглов определяет в Средней Азии и на Кавказе 17 высокогорных астропунктов первого класса. Интересно, что результаты этих измерений были помимо основного их назначения использованы впоследствии для решения геофизической задачи — изучения деформаций материковых плит Среднеазиатского региона.

В. П. Щеглов принимает живейшее участие в реорганизации службы времени Таш-

кентской обсерватории. В 1940 году заведующему службой времени ТАО В. П. Щеглову присуждается ученая степень кандидата физико-математических наук.

Осенью 1941 года Ташкентской обсерватории пришлось снабжать всю страну точным временем, так необходимым фронту и тылу. Позднее эта работа продолжалась в тесном сотрудничестве со службой времени ГАИШа, эвакуированного в Свердловск. А когда на территории Ташкентской обсерватории разместились значительная часть сотрудников эвакуированных Пулковской и Симеизской обсерваторий, все заботы о них легли на плечи нового директора Ташкентской обсерватории Владимира Петровича Щеглова.

Несколькими годами позже В. П. Щеглов сделал работу, заметно повлиявшую в свое время на развитие проблемы изучения движения материков. Установив два однотипных пассажных инструмента Бамберга на расстоянии примерно 200 м друг от друга, он провел длительные наблюдения по определению разности их долгот. Для того, чтобы выделить систематические ошибки, происходящие по разным причинам, инструменты периодически менялись местами, а наблюдения проводили разные наблюдатели (одним из них был В. П. Щеглов). Результаты наблюдений оказались весьма интересными: выявились значительные меняющиеся со временем инструментальные ошибки, существенно превышающие личные. В дальнейшем эта работа имела большое значение для физики Земли: она охладила оптимизм сторонников смещений земной коры и привлекла внимание астрономов к проблеме анализа случайных и систематических ошибок долготных определений. Классические методы определения долгот так и не дали однозначного ответа на вопрос о движении материков друг относительно





Владимир Петрович Щеглов

но друга. Смещения материков начали выявляться на фоне ошибок измерений лишь в наши дни, после того, как стали применяться для этих исследований лазерные методы.

В 1947 году В. П. Щеглов защитил в Московском государственном университете докторскую диссертацию, посвященную этим долготным определениям. Во время Международного геофизического года в Ташкентской обсерватории была проведена модернизация оборудования, установлены кварцевые часы и еще один пассажный инструмент, а лаборатория Солнца получила хромосферный телескоп. С запуском первого искусственного спутника встали новые проблемы: надо было налаживать фотографические наблюдения спутников.

Активное участие В. П. Щеглов принимал в наблюдениях солнечных затмений 1936, 1941, 1945, 1952 и 1954 годов. В начале 60-х годов обсерватория получила новое главное здание и была преобразована в институт (Земля и Вселенная, 1974, № 2, с. 46.—Ред.). В 1956 году директора обсерватории В. П. Щеглова избрали членом-корреспондентом АН УзССР, а в 1966 году он стал академиком АН УзССР.

В начале 70-х годов советские астрономы обратили внимание на исключительно благоприятные атмосферные условия в горных районах Средней Азии. И уже весной 1971 года началось строительство новой современной наблюдательной базы. Руководители Ташкентской обсерватории решили осваивать находящийся в 60 км к юго-востоку от Китабской широтной станции район горы Майданак. Пришлось преодолеть много трудностей. Нелегко, напри-

мер, было наладить в астрономическом учреждении работы по физике атмосферы, а без этих исследований, как известно, нельзя выбрать оптимальное место для обсерватории. В настоящее время здесь, на горной станции Ташкентская обсерватория, устанавливают свой первый телескоп.

Работая в республике, где сложились богатейшие астрономические традиции, В. П. Щеглов уделял большое внимание вопросам истории астрономии и, в частности, изучению Самаркандской обсерватории Улугбека (Земля и Вселенная, 1967, № 4, с. 62.—Ред.). В 1941 году он определил точные географические координаты этой обсерватории и азимут оси ее гигантского квадранта. Изучая эпоху Улугбека, В. П. Щеглов подготовил и издал на основе имеющегося в библиотеке ТАО экземпляра Prodrum Astronomiae монографию: «Ян Гевелий. Атлас звездного неба» (Земля и Вселенная, 1979, № 6, с. 67.—Ред.). Этот атлас получил большую известность и с 1968 по 1970 год выдержал 4 издания в СССР и был переведен в Японии.

В. П. Щеглов детально изучил также и историю Ташкентской обсерватории. Он неоднократно выступал с докладами и статьями, посвященными великим ученым прошлого — Галилею, Леонардо да Винчи и Кеплеру.

В 1947 году с момента образования общества «Знание» УзССР В. П. Щеглов — заместитель председателя общества, а когда был создан Узбекистанский филиал ВАГО в 1951 году, то В. П. Щеглов возглавил его и был председателем до 1976 года.

Родина высоко оценила работу В. П. Щеглова: он награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Дружбы народов, орденом «Знак Почета», несколькими медалями. Прекрасный подарок сделали ему советские астрономы, назвав малую планету № 2377 его именем. Ученики В. П. Щеглова работают во многих областях современной астрономии.

Свой юбилей Владимир Петрович Щеглов встречает на посту академика-секретаря отделения общей физики и астрономии АН УзССР.



## Преемник «Гломара Челленджера»

15 лет американское научно-исследовательское судно «Гломар Челленджер» выполняло международный проект Глубинное бурение в море. Немного осталось в Мировом океане крупных акваторий, которые бы не исследовал за 96 рейсов этот уникальный корабль. Более тысячи скважин, пробуренных с его борта в 624 пунктах, многие километры поднятых колонок донного грунта позволили ученым по-новому представить себе процессы в недрах нашей планеты (Земля и Вселенная, 1968—1984. — *Ред.*). Теперь «Гломар Челленджер» уходит на покой.

Какое судно заменит его? После долгих споров Международная комиссия специалистов остановилась на «Седко/БП-471», принадлежащем американской и английской компаниям (название судна составлено из английских инициалов этих компаний, а цифра означает длину корпуса судна в футах). Оно обладает водоизмещением около 16 тыс т («Гломар Челленджер» имел 4,3 тыс т); длина его корпуса 142 м, против 120-метровой длины корпуса «Гломара Челленджера». В лабораториях на борту имеются возможности для работы 25 научных сотрудников.

Оборудование судна позволяет проходить скважины глубиной по крайней мере 3 тыс м (считая от поверхности океанического ложа). Конструкция дает возможность бурить и там, где подозревается присутствие залежей нефти и газа. Значительно усовершенствована система использования скважин в качестве природных геофизических лабораторий. В них теперь будут вводить длительно действующие и снабженные телеметрией приборы, способные автоматически собирать и передавать информацию. Новое судно сможет работать в высокоширотных акваториях, куда не заходил «Гломар Челленджер», а также в областях между глубоководными желобами и вулканическими дугами на окраинах Тихого океана.

Разработан новый международный проект Океанического бурения, который придет на смену проекту Глубинного бурения в море, завершеному «Гломаром Челленджером» в октябре 1983 года. Главными объектами изучения на этот раз станут окраины континентов и районы между шельфом и глубоководными регионами.

Все страны (ФРГ, Франция, Великобритания, Япония и Канада) — участники проекта получают права направлять своих специалистов в рейсы, сотрудничать в разработке планов дальнейших исследований, пользоваться добытыми научными материалами. Уже ут-

верждена программа первого рейса «Седко/БП-471», который начнется в октябре 1984 года. Предполагается исследовать дно северной части Мексиканского залива, подводного плато Блейк, шельфа Багамских и Малых Антильских островов. Затем работы будут перенесены в пределы Норвежского моря и на Срединно-Атлантический подводный хребет в акваторию, омывающую полуостров Лабрадор.

New Scientist, 1984, 1400, 10

## НОВЫЕ КНИГИ

### «Календарь природы и человека»

Так назвал свою книгу профессор И. А. Климишин. Она вышла в свет на украинском языке в 1984 году вторым, переработанным и дополненным изданием в издательстве при Львовском государственном университете.

В книге шесть глав. Первая — посвящена астрономическим основам календаря. В ней дается понятие о небесной сфере, системах счета различных промежутков времени, лунном, лунно-солнечном и солнечном календаре, сообщается ряд интересных фактов из истории астрономии.

Вторая глава называется «Календарный калейдоскоп» и открывается параграфом о календаре народов Двуречья, далее следуют очерки о календаре древних египтян и ряда других народов древности.

Третья глава рассказывает об истории нашего календаря. В ней автор знакомит читателей с календарными проблема-

ми римлян, появлением и устройством юлианского календаря, с историей введения «нового стиля», а также с вопросами дальнейшего усовершенствования календаря.

«Летосчисление» — четвертая глава книги. В ней речь идет не только о календарных эрах (в прошлом и нынешнем их понимании), но и о таких вопросах, как датирование событий прошлого с помощью современных методов, основанных на закономерностях радиоактивного распада.

Пятая глава книги — «Календар наших предков» возвращает читателя к истории появления и совершенствования календаря, которым издавна пользовались на Украине. Здесь, в частности, разъясняется сущность метода «Рука Дамаскина», позволявшего с помощью пальцев рук решать некоторые из тех вопросов, которые сегодня каждый из нас решает, заглядывая в любой из имеющихся в нашем распоряжении календарей.

Заключительная глава книги («Космическая хронология») вводит читателей в круг проблем, связанных с возрастом Земли (и геологической хронологией), Солнца и звезд, Галактики и Метагалактики.

Книга адресована специалистам и любителям астрономии, пропагандистам научно-атеистических знаний.



## Петр Михайлович Горшков

[к 100-летию со дня рождения]

Среди астрономов, геодезистов, геофизиков, работавших в стенах Ленинградского (Петербургского, Петроградского) университета, выделяется профессор Петр Михайлович Горшков, отдавший преподаванию и научным исследованиям в области наук астрономо-геодезического цикла семьдесят пять лет своей жизни.

П. М. Горшков родился 24(12) июня 1883 года в Харькове, куда его родители, крестьяне Владимирской губернии, переехали в поисках заработков. Мальчику не исполнилось и пяти лет, когда умер отец, и шестеро детей остались на руках матери — неграмотной крестьянки, не знавшей никакого ремесла. «Наше времяпрепровождение, — рассказывал Петр Михайлович, вспоминая свое детство, — было обычным для уличных мальчишек: летом — голуби, рыбная ловля удочкой и штанами... купанье в реке или в озере часами, а то и просто лежание на траве и созерцание проплывающих облаков...» Со свойственным ему оптимизмом П. М. Горшков находил и хорошую сторону в таком воспитании и говорил: «Итогом такого образа жизни бывало два выхода — либо преждевременная смерть от простуды или от всяких несчастных случаев, либо серьезная закалка здоровья и притом на долгие годы. У меня вышло второе, что, впрочем,



Петр Михайлович  
Горшков (1883—1975)

можно сказать и о других членах нашей семьи...»

От своего старшего брата Егора получил Петр Михайлович первоначальные уроки грамоты и арифметики, которые подготовили его к поступлению в церковно-приходскую школу на Заикавке — в пригороде Харькова. По окончании школы его отдали в уездное трехклассное училище...

В стремлении мальчика к учебе проявилось благотворное влияние старшего брата, который к тому времени стал студентом физико-математического факультета Харьковского университета. В скромном домике Горшковых часто собирались студенты. Увлеченные речи молодых людей привили мальчику уважение и стремление к образованию и к научным занятиям, и при бескорыстной помощи друзей брата он был подготовлен для перехода в Харьковскую гимназию. Однако, по окончании университета его старший брат получил назначение в Каменец-Подольск, туда переехала вся семья, и Петя Горшков перешел в Каменец-Подольскую гимназию, которую окончил с серебряной медалью в 1903 году. Уже тогда у него столь явно определился интерес к астрономии, что инспектор гимназии, напутствуя окончивших ее учеников, сказал юному П. М. Горшкову: «А ты старайся стать профессором астрономии!..»

Благодаря содействию ректора Петербургского университета профессора А. М. Жданова, известного астронома-теоретика, Петр Михайлович поступил на физико-математический факультет университета. В 1904 году он перешел в Горный институт, но все же интерес к астрономии одержал

верх и побудил его возвратиться в университет. С тех пор Петр Михайлович никогда уже не расставался с *Alma Mater*.

В университете юноша полностью окупился в учебу и научную работу в студенческом астрономическом кружке, в котором он вскоре стал председателем. Лекции по астрономии читали профессора С. П. Глазенап и А. М. Жданов, занятиями кружка руководил приват-доцент А. А. Иванов, впоследствии директор Пулковской обсерватории. А. А. Иванов сыграл решающую роль в астрономо-геодезическом образовании П. М. Горшкова, в формировании его как ученого и как гражданина, привил ему чувство долга и ответственности, обязательности и доброжелательности, чувства, которые П. М. Горшков сохранял до последних дней своей жизни. Дань уважения к памяти А. А. Иванова П. М. Горшков выразил, издав под своей редакцией в 1940 году книги А. А. Иванова «Астрономия» и «Курс астрономии» и опубликовав написанную им биографию учителя в «Ученых записках Ленинградского университета».

Весной 1910 года П. М. Горшков окончил университет и по рекомендации А. А. Иванова был оставлен при кафедре астрономии и геодезии для подготовки к профессорскому званию, что теперь соответствует зачислению в аспирантуру. Сдав магистерские экзамены, он при поддержке А. А. Иванова был командирован в январе 1914 года в Германию для научной работы в Планетном институте во Франкфурте-на-Майне. Его руководителем становится виднейший ученый в области небесной механики профессор М. Брендель, ученик знаменитого Х. Гюльдена, ра-

ботавшего много лет в Пулковской обсерватории. Однако у Бренделя Петр Михайлович проработал лишь полгода, успел опубликовать свою первую работу по небесной механике, посвященную развитию возмущений в движении малых планет, а затем началась первая мировая война. П. М. Горшков был возвращен на родину в марте 1915 года в обмен на двух германских астрономов, прибывших в Россию в 1914 году для наблюдения полного солнечного затмения, и сразу стал работать ассистентом кафедры астрономии и геодезии на Высших женских (Бестужевских) курсах. Здесь он вел практические занятия по сферической тригонометрии и астрономии, по теоретической и практической астрономии. Одновременно он принимает живейшее участие в работе комиссии по космографии, руководимой А. А. Ивановым.

В 1915 году Русское астрономическое общество, празднующее свой 25-летний юбилей, избирает П. М. Горшкова своим секретарем и редактором «Известий РАО». В это время П. М. Горшков много занимается исследованиями в области небесной механики и теоретической астрономии, особенно работами, посвященными определению элементов орбит малых планет и вычислению их эфемерид. В XXIII томе «Известий РАО» Петр Михайлович публикует фундаментальную работу, в которой доказывает отсутствие вековых возмущений в больших полуосях планетных орбит с точностью до первого и второго порядков относительно возмущающих масс. Он обнаруживает вековые члены при продвижении разложений до третьего порядка относительно масс. Этим он подтвердил ре-



зультаты, полученные известным румынским математиком С. Харету. В XXV томе «Известий РАО» он опубликовал обширное исследование под названием «Состояние вопроса в небесной механике о движении перигелия орбиты Меркурия». В этой работе П. М. Горшков дает подробный критический анализ всех гипотез, выдвинутых для объяснения смещения перигелия орбиты Меркурия со скоростью  $42,89''$  в столетие, найденного знаменитым французским астрономом-теоретиком У. Леверье.

П. М. Горшков сопоставляет теории планетных движений, построенные У. Леверье и С. Ньюкомом, с выводами работ А. Эйнштейна по общей теории относительности, выдвигающей новые взгляды на природу тяготения. Простым следствием теории является смещение перигелиев планетных орбит. Эта работа имела особое значение для утверждения идей А. Эйнштейна в России.

После Февральской революции 1917 года возник Всероссийский астрономический союз (ВАС), объединивший всех астрономов и геодезистов России. В апреле 1917 года в малом конференц-зале Академии наук в Петрограде состоялся Первый съезд ВАС, на котором присутствовали 64 делегата из разных астрономических и геодезических учреждений и обсерваторий России. Программа работ съезда предусматривала научно-организационные вопросы, которые были связаны с организацией передачи ритмических сигналов времени по радио, гравиметрической съемки территории России, организацией службы малых планет. В своем обширном докладе, прочитанном на заседании 7 апреля 1917 года, Петр Ми-

хайлович выдвинул две ключевые проблемы, предложив, во-первых, создать в России специальный астрономический институт, и, во-вторых, организовать отечественный астрономический ежегодник. Насущная необходимость реализовать предложения П. М. Горшкова выявилась уже через год, когда из-за блокады молодой Советской России странами Антанты прекратился доступ в Россию зарубежных астрономических ежегодников. Но его предложения осуществились лишь в 1919 году, когда талантливейший астроном и геофизик Б. В. Нумеров (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 48.—Ред.) возглавил организованный им при всемерной поддержке и содействии А. А. Иванова Государственный вычислительный институт. Петр Михайлович работал в этом институте с первого дня его основания до 1930 года в качестве старшего научного сотрудника.

В 1919 году П. М. Горшкову поручают чтение курса лекций по небесной механике в Петроградском университете, раньше этот курс вел профессор А. М. Жданов. Не желая ограничиваться трафаретным изложением традиционно установившихся тем, Петр Михайлович разрабатывает курс по своему, внося в него новое, характеризующее тогдашнее развитие и состояние науки, и по-иному подходу к изложению классических вопросов. В это время его избирают профессором и заведующим кафедрой астрономии в Педагогическом институте имени Н. А. Некрасова, а затем профессором астрономии в Женском педагогическом институте (ныне Педагогический институт имени А. И. Герцена). В том же году Петр Михайло-

вич стал доцентом Петроградского университета по кафедре астрономии и геодезии и председателем Астрономической предметной комиссии. Таким образом, П. М. Горшков начал руководить преподаванием всех астрономо-геодезических дисциплин на физико-математическом факультете и сам читал курсы высшей геодезии, гравиметрии и небесной механики. Затем он приступил к чтению курса теории фигуры Земли, а с 1925 года стал заведующим вновь организованной кафедры геодезии и гравиметрии, которой он руководил беспрерывно почти полвека (до 1963 года). В 1919 году в Петрограде были образованы Военно-топографическая школа и Военно-топографические курсы. По воспоминаниям бывшего курсанта Ф. Я. Герасимова, впоследствии генерал-майора технических войск Красной Армии, «...Петр Михайлович, преподаватель младшего подготовительного курса, ...всегда умел находить необыкновенно просто способы, чтобы разъяснить курсантам непонятные для них вопросы, проявляя удивительное терпение к непонятливости своих учеников, ободряя их, вселяя уверенность в своих силах... многие стали топографами только благодаря его педагогическому таланту». Уже через много десятилетий признательность и любовь геодезистов, питомцев П. М. Горшкова, учившихся у него в Ленинградском университете, выразилась в многочисленных письмах, отправленных ему с фронтов Великой Отечественной войны.

Обратив свои научные интересы к другой весьма обширной области исследований — гравиметрии и ее приложениям к теории фигуры

Земли,— Петр Михайлович часто вспоминает слова Д. И. Менделеева: «...достижение успехов в познании различных сил природы мало вероятно до тех пор, пока мы опытным исследованиями не достигнем ясно-го уразумения той силы, при участии которой происходят все физические процессы на Земле и от влияния которой совершенно невозможно освободиться, то есть силы тяжести». Одновременно, все в том же 1919 году П. М. Горшков начинает читать курсы по гравиметрии и теории фигуры Земли, продолжавшиеся до 1963 года. Ясные и доходчивые лекции внесли достойный вклад в развитие гравиметрических работ в нашей стране как в теоретическом отношении (связь между измерениями силы тяжести и изучением фигуры и внутреннего строения Земли), так и в практических приложениях, особенно в применении к разведке месторождений полезных ископаемых. При этом Петр Михайлович не был «кабинетным ученым»: с 1926 года он начал активную экспедиционную деятельность, лично принимал участие в гравиметрической экспедиции в Башкирию и с тех пор ежегодно, а то и по нескольку раз за лето, организовывал гравиметрические экспедиции в неизученные области нашей страны. И хотя основной задачей он считал получение научных материалов для решения важнейшего вопроса высшей геодезии о фигуре Земли, выбор районов экспедиций неизменно связан у него с анализом их геологии и тектоники, сейсмических характеристик и возможного промышленного значения. Эта целенаправленность наиболее ярко видна при рассмотрении

доклада П. М. Горшкова «Гравиметрическая съемка от западной границы СССР до Владивостока», в котором изложены результаты оптимального применения гравиметрических измерений к решению широкого круга задач высшей геодезии, геологии, геотектоники. В частности, Петр Михайлович убедительно доказал, что проект общей гравиметрической съемки имеет прямое отношение к исследованию природных ресурсов областей, входящих в Урало-Кузнецкий район, освоение которого было намечено тогда правительством. В своем докладе П. М. Горшков поднимает новые и актуальные в то время вопросы теории и практики гравиметрических определений на море, вопросы общей гравиметрической изученности СССР.

Доклад П. М. Горшкова озаглавлен началом его многолетнего тесного сотрудничества с Академией наук СССР сначала на посту ученого секретаря Совета по изучению производительных сил СССР, затем в качестве директора Геофизического института Уральского филиала АН СССР и члена многих комиссий: Полярной, Каспийского моря, Тихого океана и других. Гравиметрические экспедиции П. М. Горшкова на Урал, в Западную и Восточную Сибирь, в Кузбасс и Горную Шорию, в Минусинскую котловину, в район озера Байкал, на северные отроги Тянь-Шаня и в дельту Волги способствовали детальному изучению природных богатств этих областей.

Большим событием в жизни Петра Михайловича стала вторая его командировка за границу — в Германию и Голландию летом 1928 года. Целью поездки было участие в оче-

редном XXVIII конгрессе международного астрономического общества «Астрономише Гезельшафт», посещение астрономо-геодезических институтов Германии и Голландии, детальное ознакомление с работами профессора Ф. А. Венинг-Мейнеса (Земля и Вселенная, 1983, № 6, с. 23.—Ред.) в области морской гравиметрии и изучение его морского маятникового прибора, предназначенного для измерения силы тяжести с подводных лодок.

Ярко описывает Петр Михайлович теплую атмосферу, царившую на конгрессе общества «Астрономише Гезельшафт», стремление участников к дальнейшему развитию международной кооперации между астрономами. Особенно плодотворной для дальнейшей работы П. М. Горшкова в области гравиметрии оказалась встреча с профессором Ф. А. Венинг-Мейнесом в Голландии. Здесь П. М. Горшков ознакомился с его трудами по определению силы тяжести на море. Позднее, в 1940 году, под редакцией П. М. Горшкова был опубликован обширный классический мемуар Ф. А. Венинг-Мейнеса «Гравиметрические наблюдения на море: теория и практика», который переведен на русский язык сыном П. М. Горшкова — Георгием Петровичем Горшковым, ныне профессором геологии МГУ.

С 1939 года П. М. Горшков установил тесную творческую связь со Всесоюзным институтом метрологии (бывшая Главная палата мер и весов, основанная Д. И. Менделеевым) и был избран председателем Гравиметрического совета, координировавшего работы по определению абсолютного ускорения силы тяжести при помощи длинных маятников, ра-



боты, начатые еще Д. И. Менделеевым.

Высокая гражданственность и чувство ответственности за судьбу Родины побудили П. М. Горшкова в первый же день нападения гитлеровской Германии на СССР встать в ряды добровольцев Ленинградского университета. Когда заявление П. М. Горшкова о зачислении в Василеостровскую дивизию войск народного ополчения из-за его возраста (ему в ту пору было почти 60 лет!) отклонили, Петр Михайлович в течение нескольких месяцев участвовал в строительстве оборонительных сооружений на рубежах у станции Пудость. «Ленинградская правда» 28 июля 1941 года писала: «...профессор математического факультета Ленинградского государственного университета П. М. Горшков выполняет более двух

П. М. Горшков на строительстве оборонительных сооружений под Ленинградом (июль 1941)

норм на строительстве оборонных укреплений вокруг Ленинграда, показывая пример отстающим».

Высокие моральные качества П. М. Горшкова проявлялись во всех сферах его общественной деятельности. Он способствовал развитию и укреплению Ленинградского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества, председателем которого он состоял бессменно с 1941 по 1961 год; благодаря самоотверженной организаторской работе Петра Михайловича оно не прекращало своей деятельности даже в тяжелейшие годы блокады Ленинграда и эвакуации.

Петр Михайлович отдал мно-

го сил делу сохранения памятников архитектуры Ленинграда и пригородов; нельзя без волнения читать обращения П. М. Горшкова, проникнутые любовью к прошлому, к истории России. Именно эта любовь побудила его уйти с головой в глубокое изучение ранних периодов русской истории, полей битв, на которых решалась судьба отчизны,— Куликова поля, Полтавского, Бородинского. С научным обоснованием и объективностью приступал П. М. Горшков к подготовке и проведению своих экспедиций по историческим местам и считал свои занятия военной историей России столь же важными, как и научные исследования по астрономии и гравиметрии. Поэтому в его ежегодных отчетах наряду с научными работами всегда указаны исторические экспедиции,



Профессор В. В. Соболев  
и профессор П. М. Горшков  
(фотография из архива)

доклады на Военно-исторической секции Ленинградского Дома ученых имени М. Горького, отражено участие в работе Артиллерийского исторического музея в качестве члена Ученого совета и корреспондента музея. Научные и общественные заслуги П. М. Горшкова были отмечены правительственными наградами и огромным числом почетных грамот, о чем он скромно никогда и нигде не упоминал.

Петра Михайловича Горшкова неизменно отличали редкая доброжелательность ко всем, независимо от их служебного и общественного положения, горячее стремление помочь людям самым действенным образом. Петр Михайлович не был пассивным созерцателем

жизни, наоборот, всегда активно вмешивался в ход событий, направляя их в русло, соответствующее его принципам и жизненной позиции. С необыкновенным вниманием относился он к молодым, начинающим научным работникам: даже при полном несогласии с положениями представленной ему на рецензию научной работы он никогда не «рубил крыльев» автору, находил доброе ободряющее слово, поощрял к дальнейшей работе.

Можно смело сказать, что П. М. Горшков шел всегда впереди своего века. Например, именно так было на заре космической эры, когда умение видеть новое в науке, в тенденциях развития исследований космического пространства побудило его призвать ученых к международной кооперации для исследования Луны и планет с борта космических кораблей.

Петр Михайлович Горшков скончался 31 июля 1975 года, поистине завершив путь *per aspera ad astra* (чрез тернии к звездам) и оставив богатое научное наследие.



## Памяти Евгения Леонидовича Кринова

2 января 1984 года на 78 году жизни скончался крупнейший советский исследователь метеоритов, доктор геолого-минералогических наук, Евгений Леонидович Кринов. Не стало человека, с именем которого неразрывно связано становление и развитие метеоритики в нашей стране. Он стоял у ее истоков, в конце 20-х годов, начиная свои исследования под непосредственным руководством академика В. И. Вернадского. Он остался верен метеоритике до своего последнего часа, который застал его на посту Председателя Комитета по метеоритам АН СССР и заведующего лабораторией метеоритики Института геохимии и аналитической химии АН СССР.

Евгений Леонидович родился 3 марта 1906 года в селе Отыясы Тамбовской области. Очень рано, с 12 лет, он начал трудиться. Уже тогда заинтересовавшись астрономией, Кринов начинает посылать результаты своих первых наблюдений в Русское общество любителей мироведения.

В середине 20-х годов Е. Л. Кринов переезжает в Ленинград, где сначала работает в метеоритном отделе при Минералогическом музее, а с 1931 года он — заведующий обсерваторией Естественнонаучного института им. П. Ф. Лесгафта. В 1929-1930 годах Е. Л. Кринов участвует в Тунгусской экспедиции Л. А. Кулика.

С 25 февраля 1939 года, со дня основания Комитета по метеоритам АН СССР, Евгений Леонидович — его сотрудник. С 1949 года он ученый секретарь Комитета, а с 1972 года — его председатель. В 1947 году Е. Л. Кринов вместе с академиком В. Г. Фесенковым проводят первую Сихотэ-Алинскую экспедицию по следам только что упавшего там метеорита. Впоследствии он организует обширный цикл работ (1967—1975 годы) по изучению этого уникального явления природы.

Е. Л. Кринов хорошо известен своими работами по морфологии метеоритов и исследованию

условий их падения на Землю. Эти работы вместе с обширными исследованиями двух крупнейших метеоритных падений XX века — Тунгусского и Сихотэ-Алинского — стали классическими. Материалы, которые Е. Л. Кринов получил и в местах падения, и путем сбора и обобщения всех данных об этих природных явлениях, опубликованы в монографиях «Тунгусский метеорит» (1949), «Сихотэ-Алинский железный метеоритный дождь» (1959, т. I, 1963, т. II) и «Giant meteorites» (1966). Его монография «Основы метеоритики», вышедшая в СССР в 1952 году, была переиздана в 1960 году на английском языке.

Е. Л. Кринов — основоположник оптики ландшафта — научной основы современных дистанционных аэрокосмических методов изучения Земли, Луны и других больших и малых космических тел. Монография «Спектральная отражательная способность природных образований» (1947) уже более 35 лет остается лучшей и наиболее цитируемой книгой в этой области (в 1953 году она была переведена в Канаде).

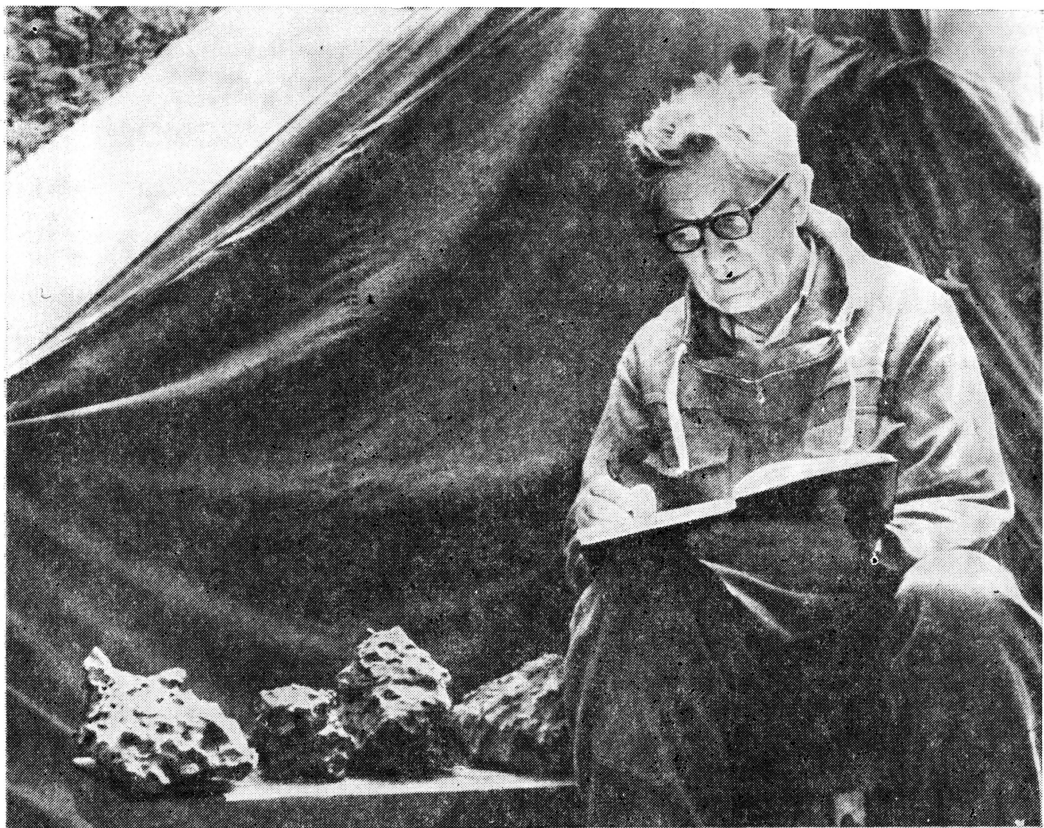
Е. Л. Кринов был инициатором многих работ, посвященных взаимодействию космического вещества с Землей, в частности, работ по изучению космической пыли и метеоритных кратеров на поверхности Земли. Эти вопросы в числе многих других нашли свое отражение в его трудах (общее число которых достигает 300).

Огромное внимание Евгений Леонидович уделял популяризации метеоритики и развитию метеоритных исследований в нашей стране. Десятки его научно-популярных книг, брошюр, статей, инструкций способствовали росту интереса и привлечению самых широких кругов населения к наблюдениям ярких болидов, поиску и сбору метеоритов. Большое внимание уделял Е. Л. Кринов и любительской астрономии: ведь как уже отмечалось, он сам начинал свою деятельность в рядах Русского





Евгений Леонидович Кринов  
(1906—1984 гг.)



**Е. Л. Кринов регистрирует очередную находку (Сихотэ-Алинская экспедиция, август 1967 года)**

общества мироведения, а последний в своей жизни доклад, посвященный 100-летию со дня рождения Л. А. Кулика, прочитал на собрании Московского отделения ВАГО 24 октября 1983 года. Влюбленность в науку, живой интерес к природе, открытость и расположение к людям сплотили вокруг него дружный коллектив метеоритных экспедиций.

Заслуги Е. Л. Кринова перед наукой получили признание в нашей стране и за рубежом. В 1952 году он удостоен Государственной премии СССР за работы в области метеоритики; в 1961 году ему, одному из немногих, — по представлению Академии наук СССР — была присвоена без защиты (*honoris causa*) ученая степень доктора геолого-минералогических наук. В 1971 году Метеоритное

Общество (США) присудило ему медаль Леонарда (подробнее об этой медали см. в этом номере журнала). В 1968 году один из метеоритных минералов был назван в честь Евгения Леонидовича — криновитом.

Все, кто жил и работал рядом с Евгением Леонидовичем Криновым, запомнят его как человека очень доброго, благожелательного к людям, увлеченного наукой, неутомимого труженика.

**Группа товарищей**



## Советско-французское совещание в Каннах

В ноябре 1983 года в Москве под председательством министра внешней торговли СССР Н. С. Патоличева состоялась XVIII сессия Постоянно действующей смешанной советско-французской комиссии. Французскую делегацию возглавляла министр внешней торговли и туризма Э. Крессон. Комиссия рассматривала вопросы научно-технического и экономического сотрудничества, реализации десятилетней программы углубления сотрудничества в области науки и техники.

Одним из пунктов программы XVIII сессии были совместные советско-французские работы в области исследования и использования космического пространства в мирных целях, осуществляемые в соответствии с межправительственным соглашением от 1966 года. В совместном коммюнике и протоколе смешанная советско-французская комиссия отметила плодотворное развитие сотрудничества. Успешной работе комиссии предшествовала длительная и трудная работа ученых и специалистов обеих стран. Итоги этой работы по космической физике, космической биологии и медицине, космической метеорологии и аэронавтике и космической связи были подведены в октябре 1983 года на XX ежегодном совещании рабочих групп по космосу, проходившем во французском городе Каннах.

В выступлении члена советской делегации на сессии комиссии в Москве, председателя Совета «Интеркосмос» при АН СССР академика В. А. Котельникова были изложены итоги и перспективы сотрудничества на текущее десятилетие. В своем ответном выступлении директор Центра космических исследований Франции в Ту-



Академик В. А. Котельников и французский космонавт Ж.-Л. Кретьен

лузе Ж.-К. Юссон сказал, что специалисты обеих стран перешли на качественно новый этап сотрудничества. Если раньше устанавливались отдельные приборы французского производства на советские спутники и межпланетные станции, то теперь разрабатываются и выполняются сложные проекты, в которых совместно создаются не только отдельные научные приборы, но и вся совокупность научной аппаратуры и устанавливаются служебные системы, обслуживающие этот комплекс.

Особое внимание на совещании в Каннах уделялось проектам «Вега» и «УФТ». Работы по первому из них — исследованию планеты Венера в 1985 году и кометы Галлея в 1986 году — идут полным ходом. В них впервые в практике международного сотрудничества работы ведутся в такой многосторонней кооперации. В проекте кроме СССР и Франции участвуют ВНР, ГДР, НРБ, ПНР, ЧССР, Австрия и ФРГ. Таким необычным международным статусом проект прежде всего обязан чрезвычайно большому интересу международной научной обществу к редкому событию — очередному приближению кометы Галлея. Все эти страны с энтузиазмом откликнулись на предложение Академии наук СССР принять участие в изучении кометы, ведь следующая такая возможность представится только через 76 лет.

Французские специалисты участвуют в создании научных приборов пролетного аппарата для исследования кометы Галлея и спускаемого аппарата и аэростатного зонда для исследования поверхности и атмосферы планеты Венера. Комплекс научной аппаратуры спускаемого аппарата разработан советскими и французскими специалистами в двусторонней кооперации.

С помощью комплекса научной аппаратуры пролетного аппарата, для которого французская сторона поставляет два и участвует в изготовлении еще двух приборов, будет получена информация о природе хвоста и ядра кометы Галлея, данные о взаимодействии ко-

метного газа с потоком солнечной плазмы, определены физические характеристики пылевых частиц, покидающих ядро.

Венерианская часть «сценария» экспедиции содержит новый интересный элемент — предполагается отделить от каждого из двух спускаемых на Венеру аппаратов небольшие аэростатные зонды, которые свободно могут плавать в атмосфере планеты на высоте около 55 км. Это позволит изучить динамику и структуру атмосферы Венеры.

На совещании в Каннах руководители обеих делегаций (французскую делегацию возглавлял президент Национального центра космических исследований Франции профессор Ю. Кюрьен) подписали протокол, согласно которому французская сторона организует международную сеть наземных радиотелескопов для слежения за зондами. В решении этой задачи примут участие крупнейшие радиотелескопы обоих полушарий.

23 марта 1983 года на высокоапогейную орбиту выведена советская автоматическая станция «Астрон» (Земля и Вселенная, № 2, с. 26. — Ред.; статья А. А. Боярчука в этом номере журнала). Установленный на ней телескоп-спектрометр «Спика» (диаметром около метра и длиной около 5 м) — результат совместных советско-французских разработок. За год функционирования на орбите с помощью этого самого крупного сейчас космического телескопа, работающего в интервале длин волн 1100—3100 Å, получены важные научные результаты о нестационарных явлениях в звездах, аномалиях их химического состава, свойствах ультрафиолетового излучения галактик и квазаров.

На встрече в Каннах был сделан еще один важный шаг, расширяющий и углубляющий наши двусторонние усилия, — достигнута договоренность, согласно которой предполагается запустить советский спутник со сложным советско-французским комплексом научной аппаратуры для изучения мягкого гамма- и жесткого рентгеновского излучения. Принятию решения

предшествовал всего лишь год, но год напряженной работы специалистов. В рамках достигнутой между двумя сторонами договоренности, совместно с комплексом советской научной аппаратуры на космическом аппарате, выводимом на высокоапогейную орбиту искусственного спутника Земли, предполагается установить следующие французские приборы: гамма-телескоп с кодирующей маской (массой около 800 кг) для получения изображений небесной сферы в области энергий от 30 кэВ до 2 МэВ с высоким угловым разрешением; спектрометр, предназначенный для измерения спектров космических гамма-всплесков в диапазоне энергий от 30 кэВ до 2 МэВ с высоким энергетическим разрешением; спектрометр высоких энергий для измерения гамма-всплесков в области энергий от 0,3 до 10 МэВ, обладающий повышенной эффективностью регистрации гамма-квантов больших энергий.

Для решения задач в этой области космической физики уже успешно функционирует советско-французский прибор «Снег-2МП», установленный на советском спутнике «Прогноз-9», запущенном в июле 1983 года. Пополнить семейство астрофизических приборов должен специализированный гамма-модуль с его основным научным инструментом — советско-французским гамма-телескопом «Гамма-1». Работы по этому совместному проекту вступили в завершающую фазу.

На совещании в Каннах говорилось об успешной реализации проекта «Космонавт» — полет первого французского космонавта в составе советских экипажей. Специалисты обеих стран отметили, что активно продолжался анализ научной информации, полученной в ходе этого полета. Некоторые результаты медико-биологических экспериментов были доложены в прошлом году на V Международном симпозиуме по гравитационной физиологии в Москве и международном симпозиуме в Тулузе. В рамках продолжающихся научных экспериментов по программе «Космонавт» на борт станции «Салют» планируется доставить



французскую аппаратуру «Си-рень» для проведения экспериментов в области рентгеновской астрономии.

Уже более двух лет работает на орбите спутник «Ореол-3», запуск которого осуществлен по программе «Аркад» для исследований процессов в магнитосфере Земли. Научная информация, полученная с помощью совместного научного комплекса, созданного в лабораториях СССР и Франции, была представлена в этом году на специальном международном симпозиуме в Тулузе. Сотрудничество в этой важной области космической физики продолжится по многостороннему международному проекту «Интербол» для изучения плазмы магнитосферы и солнечного ветра. Французские специалисты изготовят три и будут участвовать в создании четвертого научного прибора.

На каннской встрече обсуждались совместные перспективы в области исследования источников субмиллиметрового излучения. Сейчас ученые размышляют над различными вариантами возможных «сценариев» по проекту исследования Венеры и комплекса научной аппаратуры для дальнейшего изучения Луны. Обсуждается возможное сотрудничество по космическому материаловедению.

Главным результатом совместных усилий в области космической биологии и медицины стал успешный эксперимент на советском биологическом спутнике «Космос-1514», готовность совместных экспериментов на котором была определена на каннском совещании. Впервые также было предложено реализовать совместную программу длительных наземных исследований с участием человека для подготовки будущих экспериментов в космосе.

В рамках тематики космической метеорологии и аэронавтики продолжались работы по исследованию верхней атмосферы. Здесь обсуждались вопросы совместного изготовления наземной станции нового типа для зондирования атмосферы. Во время пусков зондирующих ракет успешно прошла испытания совместно разработанная аппаратура. И здесь

сделан новый шаг — специалисты договорились в ближайшее время подготовить предложения по интересующим обе стороны проблемам охраны окружающей среды.

«Космические» связи продолжают решать острые «земные» проблемы, осваивают новые диапазоны частот. Уже испытан экспериментальный канал телефонии на частотах 11 и 14 ГГц, получены неплохие результаты в координации спутниковых сетей французской системы «Телеком» и советской «Стационар». Специалисты обе-

их стран согласовали программу экспериментальных передач телефонных и телевизионных сигналов через советский спутник.

Советско-французское совещание в Каннах прошло в обстановке взаимного понимания и в дружественной, деловой атмосфере. Гостеприимство и внимание, проявленное французскими коллегами, позволили быстро и успешно решить все сложные вопросы.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Первый шаг в неизвестность

Научно-популярная книга И. Г. Борисенко «В открытом космосе» (М.: Машиностроение, 1984) написана спортивным комиссаром Международной авиационной Федерации (ФАИ), свидетелем всех полетов советских космонавтов и космонавтов - исследователей социалистических стран, и посвящена подвигу советского космонавта А. А. Леонова, первого человека, совершившего выход в открытый космос.

Книга состоит из девяти глав. В первой главе дается панорама развития ракетно-космической техники в нашей стране, во второй и третьей описана подготовка космонавтов А. А. Леонова и П. И. Беляева и их дублеров к полету. Здесь и техническая подготовка (знакомство с конструкцией корабля «Восход» и его аппаратурой), и специальная психологическая и физическая тренировка космонавтов. В четвертой главе книги (этой главой дополнено третье издание книги И. Г. Борисенко) читатель совершит небольшое

путешествие по космодрому Байконур, узнает историю его строительства.

Полет «Восхода-2» с космонавтами А. А. Леоновым и П. И. Беляевым подробно описан в пятой главе. Здесь приводятся сообщения ТАСС 1965 года, тексты радиопереговоров во время нахождения А. А. Леонова в открытом космосе, записи в бортовом журнале корабля, впечатления космонавта о своем пребывании в открытом космическом пространстве. О том, как встречали космонавтов на родной земле, рассказывается в шестой главе, седьмая посвящена космическим рекордам, зарегистрированным при полете «Восхода-2». Отклики на этот полет, пришедшие из многих стран, приводятся в восьмой главе. Заключительная девятая глава книги повествует о повторении эксперимента американскими астронавтами и о новых работах советских космонавтов в открытом космосе.





## Десятилетие «Купола Вавилова»

Всемирно известны научно-исследовательские станции «Северный полюс», которые уже почти 50 лет работают, сменяя друг друга, на плавучих дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана. Но мало кто знает, что в высоких широтах Советской Арктики с 1974 года проводит исследования еще одна станция — гляциологический стационар Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) под названием «Купол Вавилова». Станция расположена на вершине куполообразного ледника, тоже на льду, но на льду наземном, на одном из островов архипелага Северная Земля, нанесенного на карту мира немногим более 50 лет назад советскими полярными исследователями Н. Н. Урванцевым и Г. А. Ушаковым (Земля и Вселенная, 1983, № 2, с. 67.—Ред.). Эта станция тоже дрейфует, но дрейф этот не километры, а миллиметры в сутки. Отличается «Купол Вавилова» от станций СП еще и высоким положением над уровнем моря. Если станции СП располагаются на самой поверхности океана, то «Купол Вавилова» поднят на 700 м — фактически на уровень облачности нижнего яруса. Поэтому условия жизни ученых-полярников на заоблачной ледниковой станции суровее, чем на СП, они близки к условиям прибрежных антарктических станций. И все же на леднике жить и работать спокойнее, чем на морском льду, который постоянно торошится, трескается, ломается...

Ледниковый стационар на Северной Земле, в организации которого приняли участие президент Географического общества СССР академик А. Ф. Трешников (Земля и Вселенная, 1983, № 4, с. 52.—Ред.) и вице-президент общества профессор Е. С. Короткевич, вот уже 10 лет выполняет большой комплекс гляциологических исследований.

Гигантский покровный ледник, на котором располагается «Купол Вавилова», погребает 1800 км<sup>2</sup> территории крупнейшего острова Северной Земли — острова Октябрьской Революции. Ледник этот, средний по размерам и занимающий среднее географическое положение в пределах архипелага, признан наиболее подходящим для изучения современного оледенения Северной Земли. Именно наземное оледенение, а не морские льды — главный объект исследований гляциологического стационара, созданного специально для этой цели.

Сам стационар размещается в северной

части вершинного плато ледникового купола. Это область питания ледника, где идет постоянный прирост снежно-фирновых толщ, «захороняющих» под собой постройки стационара. Первые годы их приходилось периодически откапывать и вытаскивать тракторами на поверхность, сейчас домики уже почти на трехметровой глубине, и это, конечно, создает определенные трудности. Да и сам климат ледниковой зоны, обусловленный высотой и холодной снежно-ледяной поверхностью, осложняет проведение работ, регулярность радиосвязи и передвижение по куполу. Ведь стационар часто окутывают облака или туман с интенсивными осадками. Изморозь и гололед ломают мачты радиомачт, рвут их отяжки, забивают аппаратуру. Средняя годовая температура воздуха здесь около  $-17^{\circ}\text{C}$ , часто ревут штормовые ветры.

И все же уже 10 лет на «Куполе Вавилова» непрерывно ведется научная работа. За это время получен длительный ряд однородных гляциологических, метеорологических и актинометрических наблюдений: информация об амплитуде изменчивости от года к году снегонакопления, аккумуляции (приросте) и абляции (расходе) ледников, о температуре воздуха. По этим данным установлено, что в настоящее время баланс ледников архипелага отрицателен, но близок к равновесному. В эпоху 1950—60-х годов они в среднем теряли около 2—3 км<sup>3</sup> льда в год (примерно одну тысячную всей массы). Прирост льда существенно превышает его расход в аномально теплые годы, когда в Таймыро-Североземельский сектор Советской Арктики летом из умеренных широт приходят интенсивные потоки теплого воздуха.

Данные о внутреннем строении и толщине ледника Вавилова сейчас получают методом радиолокации, разработанным 25 лет назад известным советским радиофизиком, членом-корреспондентом АН СССР В. В. Богородским. Его ученики — среди них Б. А. Федоров, В. И. Чудаков, В. И. Боярский — в 1974—80 годах выполнили ряд важных экспериментов по радиоинтраскопии ледников Северной Земли с самолетов и с помощью наземного транспорта. Радиолокационное просвечивание или, образно говоря, радиолокационный «рентген» — это эффективное средство изучения структуры полярных ледников. Сеть промерных галсов на куполе Вавилова сделали настолько густой, что в итоге удалось создать детальную

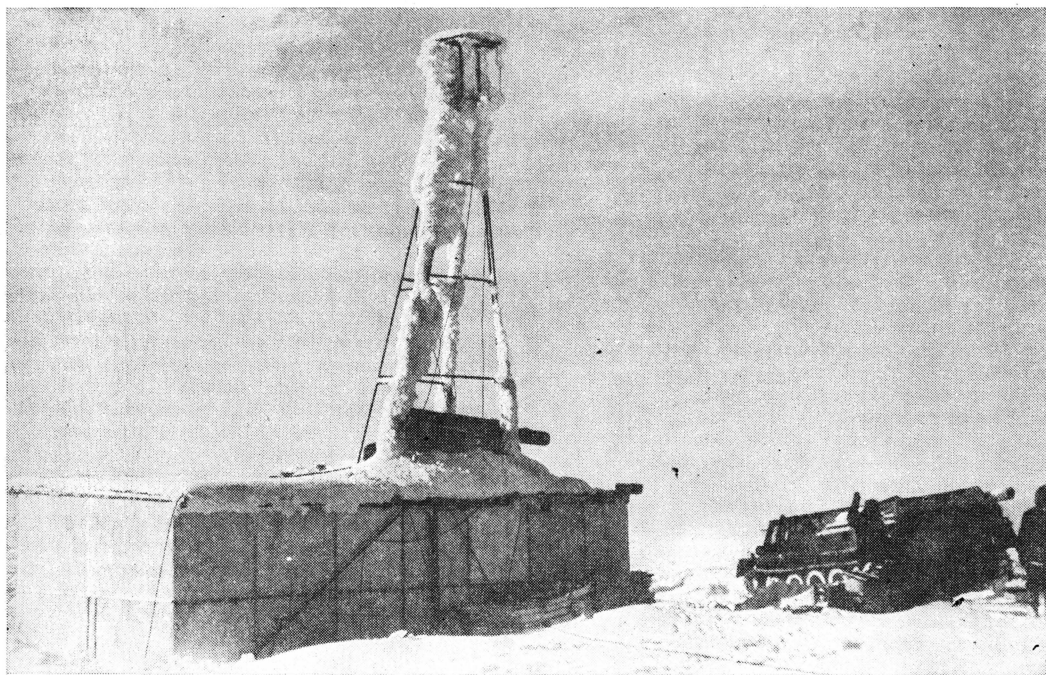


**В разгаре полярного дня. Очистка крыши  
от снега после очередной летней пурги**

Фото автора

**Стационарная буровая на вершине  
купола Вавилова, 1977 год**

Фото Н. М. Шестакова



карту ложа ледника, расчлененного сетью эрозионных долин. Предполагается, что долины образовались в короткие периоды дегляциации архипелага (отступление ледников) в поздние- и послеледниковое время.

Около 11 и 19 тыс. лет назад (по радиоуглеродным данным) на архипелаге обитали мамонты, которым хватало местного растительного корма. Выходит, что климатические условия тогда были значительно теплее, чем сейчас, а растительность напоминала флору нынешней лесотундры. Любопытно, что в западном секторе Арктики и в Северной Европе еще царили условия позднего ледникового, предшествовавшего нашему (послеледниковому) времени. Бивни и зубы мамонтов были найдены на острове Октябрьской Революции известным советским геоморфологом и палеогеографом В. М. Макеевым, а определения видовой принадлежности сделаны знатоком мамонтовой фауны В. Е. Гаруттом.

В. М. Макеев сделал и предварительную реконструкцию основных палеогеографических событий на острове за последние 100 тыс. лет. За это время архипелаг Северная Земля четырежды пережил этапы покровного оледенения, из которых два ранних сопровождалась трансгрессией (повышением уровня) сравнительно теплого морского бассейна, а остальные развивались при общем понижении температуры. Последнее покровное оледенение было кратковременным, при маломощном покрове, что создало совершенно иные, чем на островах западного сектора Арктики, условия для формирования нынешней природной обстановки.

Дополнительный материал дает изучение и датирование донных отложений приледниковых озер Северной Земли, которые связаны с эволюцией ледников. В. М. Макеев отобрал колонки донных осадков из озера Изменчивого, расположенного на острове Октябрьской Революции близ южной кромки купола Вавилова. Буровой установкой с озерного льда на свет были извлечены колонки ленточно-слоистых отложений длиной до 20 м! Сейчас они изучаются, это источник богатейшей палеогеографической информации.

Изучение геоморфологии и палеогеографии Северной Земли, состава донных отложений приледниковых озер удачно сочетается на стационаре с исследованием режима и внутреннего строения североземельских ледников. Комплекс всех этих работ направлен на изучение основных этапов и закономерностей колебаний климата и природной среды в прошлом и для обоснования прогнозов их изменчивости. Здесь весьма плодотворным оказалось исследование и радиохимическое датирование ледяного керна, извлекаемого при бурении купола Вавилова. Методом термического бурения здесь уже пробурено около десятка скважин, достигших ложа ледника на глубине более 550 м. Первая скважина была пробурена на куполе Вавилова 22 мая 1977 года термобуром конструкции известного ленинградского изобретателя инженера В. А. Морева, создавшего серию термобуровых снарядов

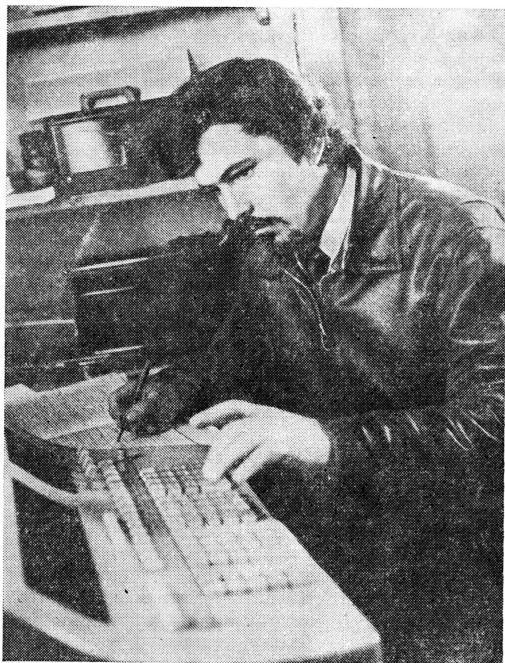
и термоигл для бурения ледников в полярных и горноледниковых районах. На стационаре «Купол Вавилова» конструкции этих снарядов всесторонне испытывались и сейчас доведены до высокой степени совершенства. С их помощью позднее были получены блестящие результаты при бурении антарктических шельфовых ледников, в частности, ледника Росса в 1979 году, горных и покровных ледников Шпицбергена и Памира, а также мощных наледей на трассе БАМа.

Анализ керна дает в руки исследователям многообразные возможности для реконструкций не только палеоклимата, но и палеогляциологической обстановки. Например, измерение давления и состава воздуха в пузырьках, заключенных во льду, дает информацию о толщине древних ледников и о газовом составе воздушной оболочки Земли в период образования тех или иных слоев льда. Исходная предпосылка для этого: давление в пузырьках, насыщающих лед, соответствует давлению находящейся над ними толщи льда. Поскольку известно, что древнее оледенение Северной Земли было гораздо мощнее, а затем сильно уменьшалось (но не исчезло полностью), то естественно предположить, что давление воздуха, измеренное в пузырьках, будет равно тому, что создавалось внутри древних мощных ледников. Имея такие данные, можно реконструировать картину колебаний ледникового покрова архипелага в поздние- и послеледниковое время.

Интересные данные получены на стационаре «Купол Вавилова» при термокаротаже скважин. Расчеты теплового баланса, сделанные гляциологом Н. И. Барковым, позволили заключить, что 2400 лет назад, то есть в V веке до нашей эры, ледниковый купол был гораздо больше (толщина в центре купола достигала 900—1000 м). По этим же расчетам оценена нынешняя толща вечной мерзлоты под ледником — 370 м.

Картина палеогляциологической обстановки на архипелаге была восстановлена по изучению кристаллической структуры, изотопного состава и плотности льда по всей толщине купола Вавилова. Структура льда верхней 350-метровой толщи говорит о том, что формировалась она на протяжении 19 гляциоклиматических циклов разной продолжительности (от 10 до 200 лет). Этим циклам соответствуют структурные «этажи» толщиной от 5—10 до 20 м, сложенные льдом разного происхождения. Лед на глубине 400 м в толще купола Вавилова по разным данным имеет возраст около 7 тыс. лет. От 7 до 5 тыс. лет назад режим североземельских ледников сильно колебался, но как в это время, так и ранее (в «местном» климатическом оптимуме) купол Вавилова существенно не деградировал. На протяжении последних 3,8—4 тыс. лет этот ледник пережил 5 холодных и 3 теплых «сезона» разной продолжительности — от 130—200 до 500 лет.

Кроме изучения ледяного керна на куполе Вавилова выполнен каротаж ледниковой толщи в скважинах, который также дал интерес-



Оперативная обработка информации  
на мини-ЭВМ «Искра».

Работу ведет

старший инженер С. А. Петрусенко

Фото Н. М. Шестакова

ную информацию о внутреннем режиме ледника. В частности, удалось установить положительный градиент температуры. Это неожиданный результат, так как полярные ледники характеризуются отрицательным градиентом, как это ранее было измерено в Антарктиде, Гренландии и на Земле Франца-Иосифа.

За 10 лет работы станции в исследованиях приняли участие около 400 научных работников, инженеров и техников — сотрудников ААНИИ, Института географии АН СССР, МГУ, ЛГУ, Института физики и математики Литов-

ской ССР, Института геологии АН ЭССР, Ботанического института АН СССР и других научных организаций. В мае 1977 года здесь успешно работала Всесоюзная школа-семинар, на котором обсуждались вопросы комплексного изучения оледенения геофизическими и радиофизическими методами.

Исследования стационара во многом помогли выполнить национальные и международные гляциологические и гидрологические программы, такие, как Программа наблюдений за колебаниями современных ледников, Программа каталогизации ледников, селей и лавин. Все они косвенно объединяются в рамках Международного гидрологического проекта, в котором участвует Советский Союз.

Работа на «Куполе Вавилова» продолжается. Растут ряды наблюдений. Теперь на очереди — изучение «глубинных» процессов в леднике, познание закономерностей его внутренней структуры и массообмена, динамического и термического состояния, механизма колебаний и вертикальной структуры купола. Для этого планируется бурение новых скважин в центральной части ледника, где исследователи надеются получить в придонных слоях наиболее древний керн. Его аналитическая обработка и радиохимическое датирование должны дать важный материал об изменениях климатических условий, особенно в сопоставлении с данными о палеоклимате, полученными при изучении колонок донных отложений приледниковых озер.

В качестве первоочередных работ предполагается провести площадную тектоническую, температурную и альбедосъемку купола, изучение его поверхностных слоев. Будет также исследоваться внутреннее питание ледника, радиолокационным методом будет измеряться сток айсбергов. Данные натурных измерений и съемок станут основой для расчетов термогидродинамических моделей купола Вавилова в его современном состоянии и возможных изменений в будущем. На базе стационара «Купол Вавилова» в дальнейшем предполагается создать фоновую и биосферную станции, где можно было бы развернуть исследования по проблеме мониторинга природной среды, важный элемент которой — современные ледники.

## НОВЫЕ КНИГИ

### «Геологи изучают планеты»

Так называется научно-популярная книга, написанная четырьмя авторами (Я. Г. Кац, В. В. Козлов, Н. В. Макарова и Е. Д. Сулиды-Кондратьев) и выпущенная издательством «Недра» в 1984 году. Состоит она из предисловия и 17 не-

больших глав и посвящена проблемам сравнительной планетологии — науки еще молодой, но уже накопившей огромный фактический материал и выдвинувшей немало интересных гипотез.

В первых главах авторы знакомят читателя с «портретами» планет Солнечной системы, приводят и описывают их фотоснимки, полученные различными космическими аппарата-

ми, рассказывают о глубинном строении планет, поверхностном рельефе. Здесь речь идет и о вулканизме планет, и о метеоритной бомбардировке, и о гигантских трещинах в коре планет. Что такое реголит и как он образуется, есть ли у Марса атмосфера и текли ли когда-то на нем реки, как в век космоса нашли объяснение тайне марсианских каналов — обо всем этом можно прочесть



## Тайна обратной стороны Луны

**Всего четверть столетия отделяет нас от времени, когда в считанные минуты тайна обратной стороны Луны оказалась раскрытой. 7 октября 1959 года автоматическая межпланетная станция «Луна-3» провела съемку невидимого с Земли лунного полушария, а еще через несколько дней изображения обратной стороны были переданы по радиоканалам на Землю. Земляне, наконец, увидели невидимое.**

### КАК ВОЗНИКЛА ТАЙНА

Вероятно, немногим менее 4 млрд. лет назад Луна окончательно пришла в синхронизированное вращение вокруг Земли — период ее собственного вращения сравнялся с периодом обращения по гео-

центрической орбите. С этого времени земной спутник навсегда отвратил одно из своих полушарий от нашей планеты. Сидерический месяц, продолжительность которого — общая для осевого и орбитального периодов вращения Луны, равен 27,3 сут. Основной причиной создавшегося положения было приливное трение.

Все, наверное, слышали о приливах и отливах в морях и океанах, когда дважды в сутки уровень воды поднимается, а затем постепенно падает. Это под действием лунного притяжения возникают приливные горбы, один из которых обращен к Луне, тогда как другой образуется на противоположной стороне Земли. Каждый из двух горбов с суточным периодом обходит земной шар.

Земля в свою очередь вызывает приливные явления в твердом теле Луны, обладающем все же некоторой сте-

пенью упругости. Под воздействием притяжения нашей планеты деформация лунного шара может достигать около 13 метров (Земля и Вселенная, 1973, № 5, с. 34.—Ред.).

Незначительная величина остаточных колебаний Луны — физической либрации по долготе (максимальное значение ее не превышает нескольких угловых минут) — подтверждает мнение, высказанное астрономами уже давно, а именно: полное равенство периодов обращения Луны вокруг Земли и вокруг своей оси наступило прежде, чем отвердела значительная часть лунного вещества. Следовательно, в расплавленной Луне земное притяжение вызывало еще большие приливные деформации. Кроме того, следует учесть, что в те весьма отдаленные эпохи Луна вращалась вокруг оси значительно быстрее, а это усиливало воздействие приливных явлений.

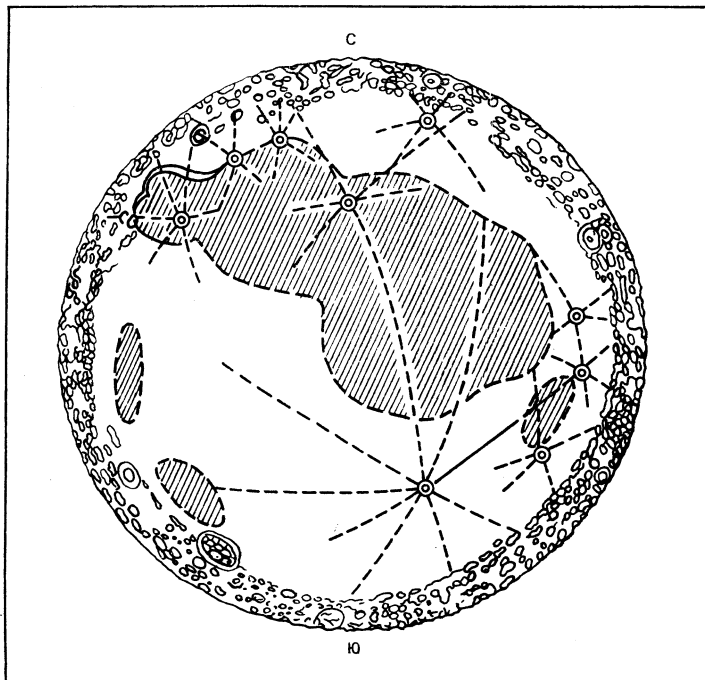
По вязкости расплавленные лунные породы, конечно, неизмеримо превосходили воды земных океанов. Поэтому приливные выступы располагались вдоль оси, не совпадающей с направлением на Землю: выступ, обращенный к нашей планете, поднимался медленно и достигал наибольшей высоты к тому моменту, когда, влекомая вращением Луны, соответствующая точка поверхности перемещалась далеко вперед. Но под влиянием земно-

в следующих нескольких главах. Читателю сообщаются сведения о мерзлоте на Марсе, его знаменитых полярных шапках, увлекательно рассказывается о загадках Венеры.

Сравнительная планетология раскрыла важную общую закономерность в строении Земли, Луны, Марса и Меркурия — их структурную асимметрию. Этой интересной проблеме отведена отдельная глава.

Геологическое изучение планет с помощью космической техники дало новый импульс познанию истории развития Земли, особенно ее ранних стадий. В заключительной главе книги авторы показывают, как сугубо земные проблемы, предстают в сравнительно-планетологическом аспекте. Здесь же авторы обсуждают вопросы космических влияний на нашу планету.





Так, согласно гипотезе английского астронома Х. Уилкинса, могла выглядеть обратная сторона Луны. Положения кратеров намечены по пересечению идущих с видимого полушария светлых лучей

го притяжения ось приливных выступов стремится занять положение, ориентированное на центр Земли. Таким образом возникают силы, противоположные по направлению осевому вращению Луны. Вот эти силы (иными словами, приливное трение) и действовали постоянно в течение длительного (даже по астрономическим масштабам) времени, неуклонно замедляя скорость вращения земного спутника.

В недрах Луны тоже шли процессы, способствовавшие приведению ее в синхронизированное вращение. Распола-

гая современными данными о строении всей поверхности лунного шара, о структуре гравитационного поля Луны и результатами сейсмических исследований, мы можем представить себе, как это происходило. Предположим, центральная, более плотная часть, как бы погруженная в расплавленное вещество лунных недр, также смещалась в сторону Земли под действием притяжения нашей планеты. Это приводило к тому, что наращивание твердой коры на полушарии, противоположном Земле, шло интенсивней. Впоследствии внутреннее давление вытеснило расплавленные лавы на поверхность полушария, уже обротившегося к Земле, — здесь кора была почти вдвое тоньше. Фигура и внутреннее строение лунного шара стали асимметричными, центр тяжести сдвинулся по направлению к нашей планете примерно на 0,001 лунного радиуса. Есте-

ственное деление Луны на два полушария — видимое с Земли и обратное — было окончательно зафиксировано синхронизированным характером ее вращения.

## КАК ПЫТАЛИСЬ РАЗГАДАТЬ ТАЙНУ

Оригинальную гипотезу о строении невидимой стороны Луны выдвинул во второй половине прошлого века известный немецкий астроном и геодезист П. Ганзен. В течение долгого времени он занимался уточнением теории движения Луны. Результатом этой работы стали таблицы, отличавшиеся довольно высокой точностью.

Анализируя различия в наблюдаемых и предвычисленных величинах в движении Луны, Ганзен пришел к выводу, что центр масс лунного шара имеет значительное смещение по направлению к Земле. По оценке ученого, эта величина оказалась равной 59 км. Подобное смещение, похоже, свидетельствовало о солидном недостатке массы на невидимом лунном полушарии, из чего Ганзен и заключил, будто обратная сторона Луны вмещает огромных размеров впадину, так что лунные вода и воздух, если они вообще существуют, могли собраться в этой глубокой впадине, создав условия для развития органической жизни, в том числе и растительности.

Современникам Ганзена еще не были известны многие данные о закономерностях в природе планетных атмосфер. Более поздние исследования показали: устойчивая атмосфера небесного тела способна сохраняться лишь тогда, когда средняя скорость теплового

движения молекул газа не превышает примерно 0,2 второй космической скорости для данной планеты или спутника. Поэтому глубина предполагаемой впадины должна составлять около 1000 км (более половины лунного радиуса!), чтобы на ее дне в условиях Луны могли сконцентрироваться такие газы, как азот и кислород.

Впрочем, гипотеза Ганзена утратила смысл еще до того, как астрономия обогатилась данными о планетных атмосферах. На рубеже XIX и XX веков Ю. Франц в Европе и С. Ньюком в Америке, работая независимо и разными методами, установили, что величина смещения центра масс, выведенная Ганзеном, сильно завышена. Несовпадение центра масс и центра фигуры Луны составляет всего лишь около 0,001 лунного радиуса, и ни о какой гигантской впадине не может быть и речи.

Ю. Франц, который многие годы детально изучал краевые зоны Луны при благоприятных фазах и максимальных значениях либраций, предложил свою версию строения невидимого полушария. В восточной и юго-восточной областях лимба Франц обнаружил многочисленные, небольшие по площади темные образования, как будто имевшие продолжение на невидимой поверхности Луны. Он предположил: все эти образования (Море Южное, Море Смита, Море Краевое и др.) — не что иное, как заливы обширного океана, расположенного на обратной стороне.

На противоположном краю лунного диска Франц также заметил небольшие темные детали, за которыми при максимальной величине либрации можно было рассмотреть окра-

ины протяженного образования морского типа. В те времена эта область лимба считалась восточной, поскольку на небе была обращена к точке востока земного горизонта. Вот почему обнаруженной формации Франц дал название Моря Восточного. В северном полушарии, за границей видимой стороны на востоке и западе, простиралась светлая, усеянная кратерами материковая область. Отдельные светлые лучи с обратной стороны заходили на видимую, что указывало на существование в прилегающей территории невидимого полушария большого количества лучевых кратеров.

Франц придерживался точки зрения, согласно которой моря на лунной поверхности расположены в виде пояса, имеющего некоторый наклон к экватору. На видимом полушарии пояс морей проходит в северной половине диска. Поскольку обнаруженные краевые моря продолжали предполагаемый пояс, Франц утвердился во мнении, что в южной половине обратного полушария лежит «Океан Антиподов». Севернее пояса морей на обратной стороне должна находиться обширная, светлая, богатая кратерами возвышенность, совершенно лишенная морей. Гипотезе Франца нельзя отказать в логике. К тому же его схема в известной степени была основана на изучении краевых зон, то есть включала данные наблюдений. Поэтому в общих чертах представления Франца о строении невидимого полушария господствовали в астрономии почти полвека.

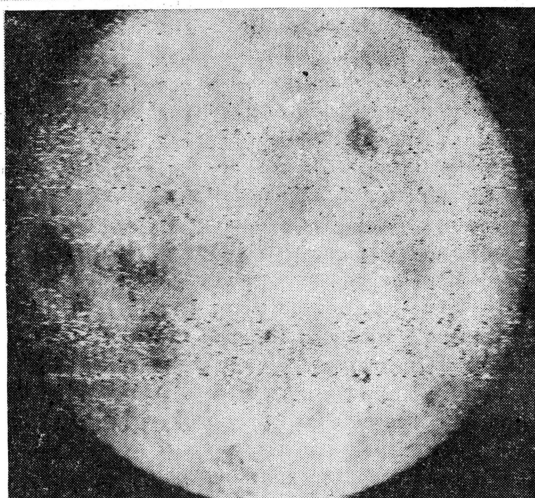
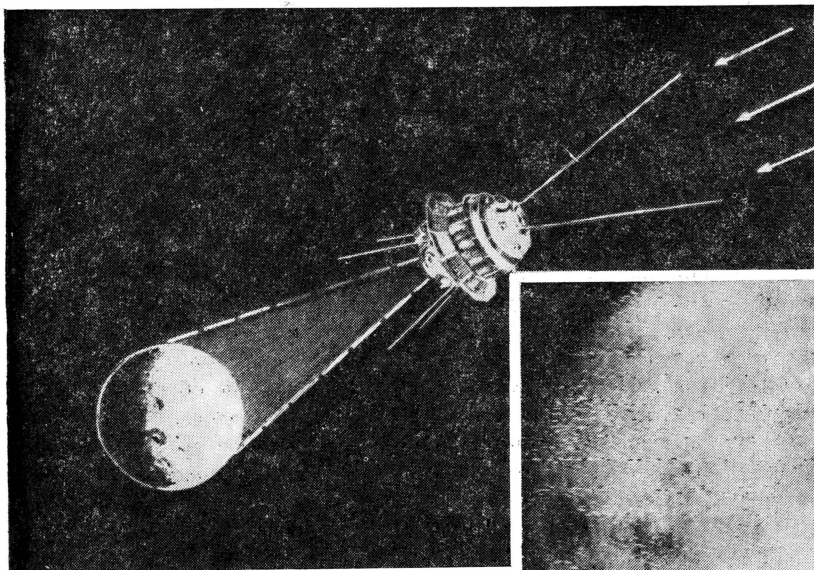
В середине 50-х годов нашего столетия английский селенограф Х. Уилкинс опубликовал свою схему строения об-

ратной стороны Луны, которая в принципе почти не отличалась от описаний Франца. Уилкинс также много занимался изучением либрационных областей лунного шара. Особенно тщательно выделял лучи, продолжающиеся на невидимое полушарие, он нанес положение около десятка кратеров — предполагаемых центров лучевых систем. Уилкинс тоже считал весьма вероятным существование обширного «Океана Антиподов». Единственное отличие на его схеме — смещение в северное полушарие основного морского образования обратной стороны. Однако при таком положении «Океана Антиподов» нарушалась система поясного размещения лунных морей — основополагающая идея Франца. Гипотезу о поясном расположении морей поддерживал и советский геолог А. В. Хабаков, много занимавшийся проблемами происхождения лунного рельефа.

Но уже близился день, когда на смену гипотезам пришли факты...

## КАК ОТКРЫВАЛИ ТАЙНУ

К концу 50-х годов XX века отечественная наука и техника достигли уровня, который позволял запустить автоматическую станцию к Луне. И вот 4 октября 1959 года впервые в мире «лунный фотограф» — автоматическая станция «Луна-3» направилась в сторону нашего естественного спутника. Вес последней ступени ракеты-носителя достигал по тому времени колоссальной величины — 1553 кг, из которых 278,5 кг приходилось на научную станцию. Внутри контейнера с научной аппаратурой находилась фототелевизионная,



Автоматическая межпланетная станция «Луна-3» фотографирует обратное полушарие Луны (схематическое изображение)

Снимок обратного полушария Луны — так, как его «увидела» АМС «Луна-3».

У западного края диска (слева) наблюдаются Море Изобилия, Море Кризисов, Море Краевое и Море Смирта.

Выше и правее центра диска различимо темное пятно — Море Москвы.

Небольшое темное образование с центральным светлым пятном

ниже и правее центра диска — кратер Циолковский

установка для получения и последующей передачи на Землю космических снимков Луны.

В первой половине дня 6 октября станция достигла наибольшего сближения с Луной, пройдя на расстоянии 6200 км от нее со стороны восточного полушария. В расчетной точке аппарат «подхватил» лунное притяжение, и он стал огибать Луну с ее обратной стороны.

Чтобы выполнить задуманный маневр, станция не должна была отклоняться от намеченного курса более чем на  $0,1^\circ$ . При этом изменения в скорости полета не могли превышать 1 м/сек. Тогда, в самом начале космической эры, это были очень жесткие требования к ракетной технике и системам управления!

Двигаясь далее по своей траектории, аппарат в ночь с 6 на 7 октября достиг точки, из которой фотообъективы станции «увидели» около 70% поверхности обратной стороны Луны. «Луна-3» находилась в это время на расстоянии 66 800 км от объекта съемки. При такой удаленности угловой диаметр лунного диска равнялся  $3^\circ$ , что примерно в 6 раз больше, чем при наблюдении с Земли. Съемка про-

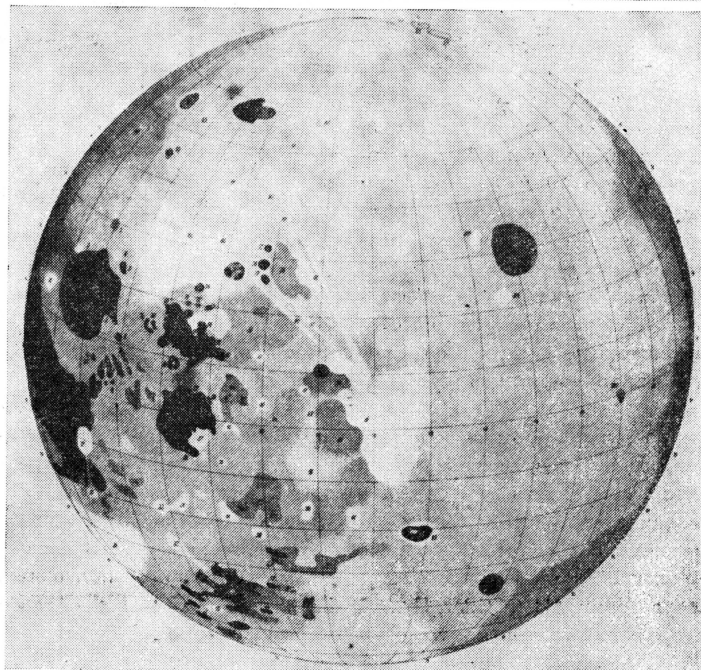
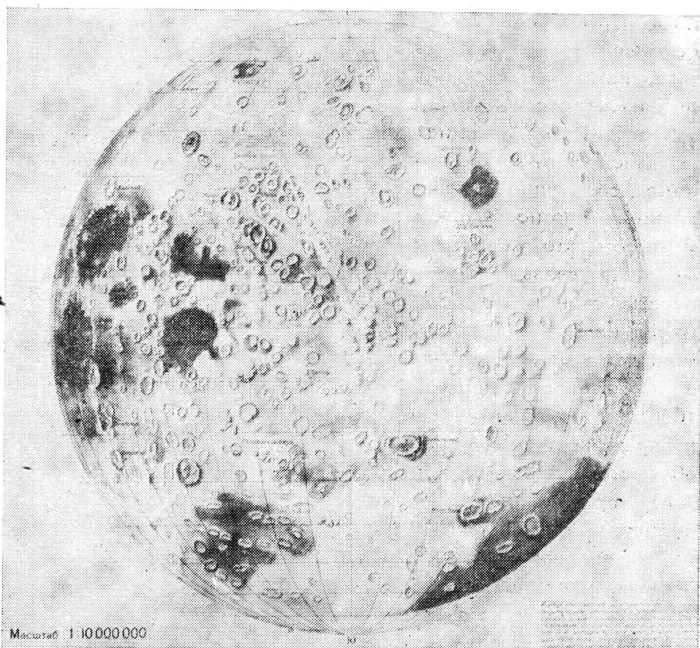
водилась со стороны Солнца, поэтому почти все обращенное к станции полушарие было освещено. Иными словами, относительно станции Луна находилась в фазе полнолуния. Известно, что при таких условиях пропадает впечатление объемности отдельных деталей рельефа, так как глаз наблюдателя (а в данном случае — фотокамера) не видит теней, отбрасываемых различными неровностями. Но в полнолуние лучше всего выявляются различия между светлыми и темными областями Луны, а ведь именно это — выявить общее строение поверхности обратной стороны, существование или отсутствие морских образований на ней — и было основной целью первого фотографирования. Следовало также учесть, что при любой другой фазе

**Карта обратной стороны Луны, составленная по снимкам «Луны-3» в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга и Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемки и картографии (1961 год)**

уменьшалась освещенная часть видимого диска Луны, а следовательно, и снимаемая территория.

Необходимым условием съемки было и то, чтобы часть видимого со станции диска Луны приходилась на обращенное к Земле полушарие. По изображению известных образований лунной поверхности можно было бы провести сравнительный анализ впервые наблюдаемых деталей и выполнить их координатную привязку. Сеанс съемки длился 40 мин. За это время, используя два объектива с фокусными расстояниями 200 и 500 мм, удалось получить бесценные снимки. Очень ответственным моментом на этом этапе была строгая ориентация и стабилизация станции. «Луна-3» стала первым в мире космическим аппаратом, выполнившим эту операцию.

Когда съемки завершились, фотопленка прошла автоматическую обработку и поступила в передающее устройство, которое построчно «просмотрело» каждый кадр. К этому времени станция вернулась к нашей планете, превратившись в ее искусственный спутник с очень вытянутой орбитой (апогей — 470 тыс., а перигей — 40 тыс. км). В период своего первого сближения станция передала на Землю информацию, содержащую закодированные в радиосигналы данные о лунных изображениях.



Аппаратура наземного комплекса преобразовала радиосигналы опять в изображения. Снимки содержали полный

Схема обратной стороны Луны, составленная в Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулкове (1963 год)

диск Луны или его значительную часть — в зависимости от того, каким объективом каждый из кадров был сделан.

В отдельных местах на снимке наложались полосы радиопомех, состоящие из точек различной плотности. Следует учитывать, что в то время космическая связь делала лишь первые свои шаги. Принимавшаяся на Земле часть излучения бортового передатчика станции была по мощности в 100 млн. раз меньше сигнала, который поступает на антенну обычного бытового телевизора.

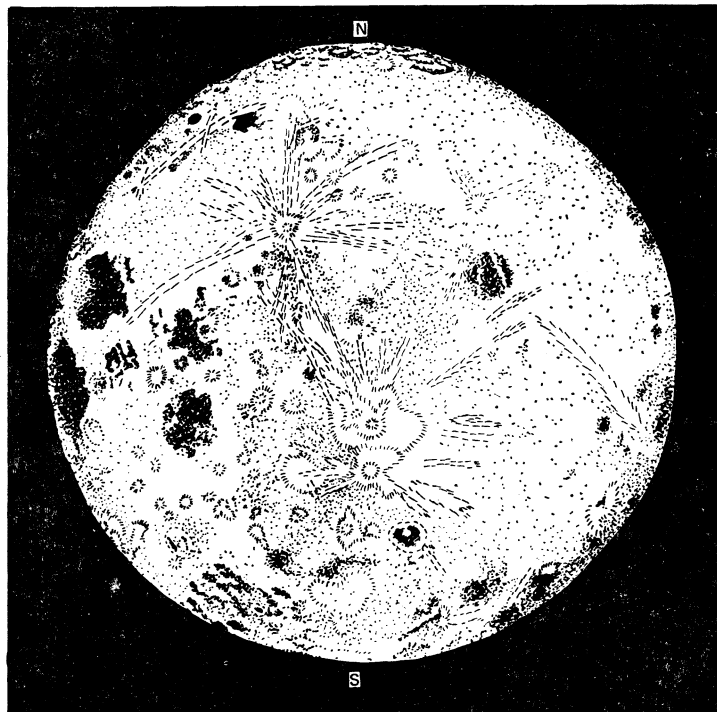
На орбите искусственного спутника Земли станция «Луна-3» совершила 11 оборотов, а затем вошла в плотные слои земной атмосферы и прекратила свое существование.

## КАК НЕ СТАЛО ТАЙНЫ

На пленке, которая экспонировалась на борту станции, изображения диска Луны имели размер 10 и 25 мм. Приемные устройства наземного комплекса формировали размеры изображений с десятикратным увеличением. Максимальное число строк фототелевизионной системы на каждый кадр достигало одной тысячи.

В дешифрировании и интерпретации полученных материалов участвовали крупнейшие специалисты лунно-планетных исследований того времени. В Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулкове работы возглавил профессор А. В. Марков. В Астрономической обсерватории Харьковского государственного университета исследования снимков обратной стороны Луны руководил академик АН УССР Н. П. Барабашев. В Москве, в Государственном астрономи-

ческом институте имени П. К. Штернберга МГУ, изучение материалов велось под руководством заведующего лабораторией фотометрии и спектроскопии Ю. Н. Липского. Результаты изучения всех данных фотографирования и сами снимки обратной стороны Луны были опубликованы в «Атласе обратной стороны Луны», вышедшем под редакцией Н. П. Барабашева, А. А. Михайлова и Ю. Н. Липского (Земля и Вселенная, 1968, № 1, с. 63.—Ред.). Несколько позже, уже после публикации оригиналов снимков, независимый комплекс обработки провел известный аме-

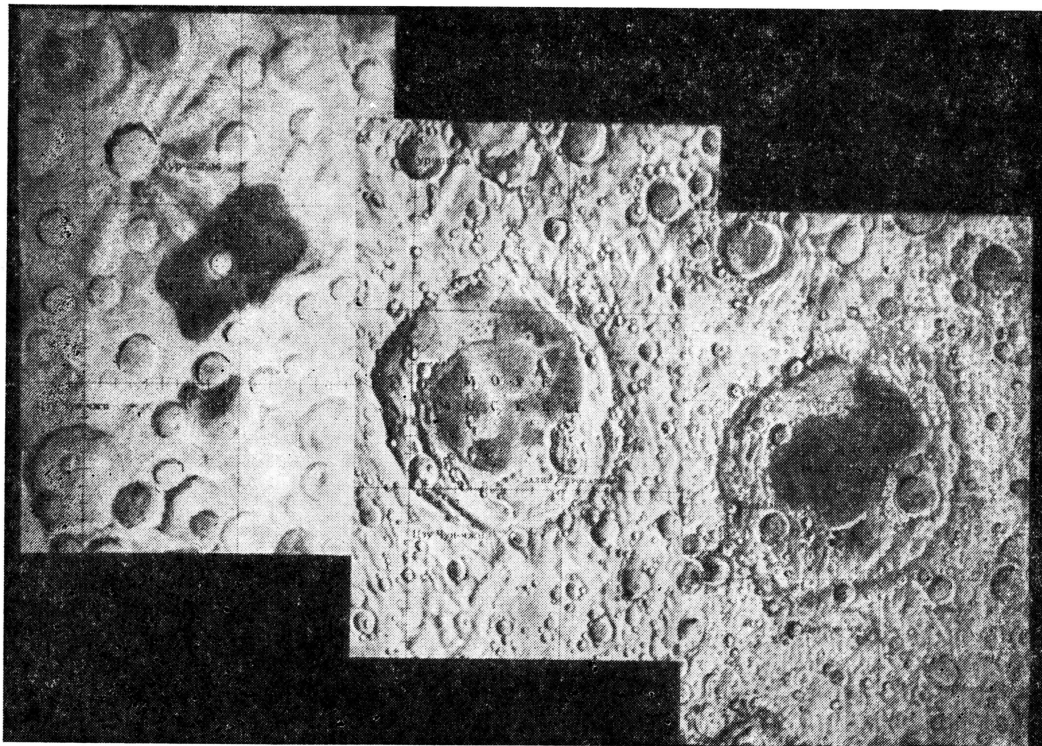


риканский селенограф, сотрудник Лунно-планетной лаборатории Аризонского университета Э. Утейкер.

На снимках можно было четко выявить морские образования восточной, краевой зоны видимого полушария (у западного края диска Луны, видимого со станции). Изображения хорошо передавали знакомые очертания Моря Кризисов, Моря Изобилия, Моря Краевого, Моря Смита, Моря Южного и ряда других, более мелких образований морского типа. Конечно, эти детали лунной поверхности теперь представали в ином ракурсе, совсем не так, как их видит земной наблюдатель.

Выяснилось, что на большей части обратной стороны Луны практически отсутствуют обширные равнины морей. Иными словами, отличие видимого и обратного полушарий Луны





по их ориентации относительно Земли дополнялось коренным отличием в строении поверхности. Этот факт стал главным научным результатом эксперимента и повлек за собой далеко идущие выводы. Наши современные представления об основных этапах эволюции Луны и системы «Земля — Луна» 3—4 млрд. лет назад прежде всего вытекают из асимметричного строения поверхности лунного шара. Тайна обратной стороны оказалась тесно связанной с тайной синхронизированного вращения Луны.

Модель Франца и его последователей, в которой моря как бы опоясывают весь лунный шар, космические съемки не подтвердили. Сравнительно небольшое море, обнаруженное на снимках (позже оно получило название Моря Москвы),

**Фрагмент «Полной карты Луны», отображающий район Моря Москвы. Приведены (слева направо) публикации из первого, второго и третьего изданий. Первая «Полная карта Луны» (1967 год) была составлена по материалам фотографирования советскими автоматическими станциями «Луна-3» и «Зонд-3». Последующие исследования обратной стороны позволили уточнить и детализировать ее изображения**

не вписывалось в гипотетический пояс морей. А другое незначительное образование этого типа — Море Мечты — хотя и располагалось в южной части обратного полушария, не могло служить бесспорным свидетельством в пользу существования пояса морей в

том виде, как это представлял себе Франц.

Через несколько лет изучение обратной стороны было продолжено. Летом 1965 года автоматическая межпланетная станция «Зонд-3», запущенная в нашей стране, с пролетной траектории на расстоянии около 10 тыс. км получила снимки оставшихся нефотografiрованными 30% обратного полушария. Этим экспериментом глобальный обзор лунного шара завершился: составлено общее представление о характере рельефа на 95% лунной поверхности.

Анализ изображений подтвердил асимметрию в строении поверхности Луны. Совместная обработка материалов первого и второго фотографирования обратной стороны позволила окончательно установить, что светлые области ви-



ИЗ ИСТОРИИ  
НАУКИ

## Названия спутников планет

Цель настоящей статьи — дать русскую транскрипцию и разъяснить (поскольку этим интересуются многие любители астрономии) смысл предложенных и получивших распространение названий спутников. Сейчас это актуально в связи с открытием у планет-гигантов новых спутников. Многие из них уже получили имена<sup>1</sup>.

Прежде чем перейти к названиям, напомним современные представления о строении спутниковых систем. Известно, что Земля имеет всего один спутник, Марс — 2, Юпитер — 16, Сатурн — 20, Уран — 5, Нептун — 2 (или 3) и Плутон —

1 спутник. В № 4, 1984 года, нашего журнала была опубликована таблица, содержащая сведения о спутниках планет Солнечной системы. Таблица, публикуемая здесь, дополняет предыдущую сведениями, относящимися к написанию названий спутников и истории их открытия.

Впервые спутники другой планеты (это был Юпитер) открыл в 1610 году Галилео Галилей. Они так и называются — галилеевы спутники Юпитера. Широкое распространение, а потом и официальное признание получили имена, данные этим спутникам немецким астрономом Симоном Мариусом в 1614 году: **Ио**, **Европа**, **Ганимед** и **Каллисто** — так называли в древнегреческой мифологии персонажей, тесно связанных с Юпитером-Зевсом. Впоследствии сделалось тради-

цией — называть вновь открываемые спутники больших планет, носящих имена римских богов, именами героев греческой мифологии. И поскольку герои всегда рангом ниже богов, то и в названиях тем самым подчеркивается зависимое положение спутников от планет.

Так, **Ио**, дочь мифического царя Инаха, была возлюбленной Зевса. Верховный бог Олимпа, опасаясь ревности своей супруги Геры, превратил Ио в белоснежную телку. Однако Гера наслала на Ио овода. Спасаясь от него, Ио пересекла Грецию, Переднюю Азию и приняла свой прежний вид лишь в Египте, где родила от Зевса сына Эпафа — родоначальника целой плеяды героев: Персея, Геракла и др.

Чтобы похитить другую свою возлюбленную, **Европу**, Зевс сам превратился в прекрасного

<sup>1</sup> Как называть спутники Юпитера? — Земля и Вселенная, 1973, № 6, с. 55; Ю. А. Карпенко. Названия звездного неба. М.: Наука, 1981, с. 85.

димого полушария — северный и южный материки — смыкаются на обратной стороне. С того времени и утвердилась концепция, согласно которой Луна покрыта единым материковым щитом, а моря — это замкнутые внутриматериковые вкрапления темного вещества, частично или полностью заполнившего крупные впадины лунной коры.

Еще несколько лет назад синхронизированное вращение

Луны считалось уникальным в Солнечной системе, хотя, например, резонансные явления во вращении Меркурия, Венеры и некоторых других тел были известны. Тем не менее, когда речь заходила об «обратной стороне», само собой подразумевалось, что имеется в виду Луна. Потом оказалось, что почти все крупные спутники планет, по-видимому, вращаются так же, как Луна, с одинаковой угловой скоростью во-

круг, оси и по орбите вокруг планеты. Следовательно, и другие спутники в Солнечной системе имеют «видимую» и «обратную» стороны. Изучая с этой точки зрения ближайшее к Земле небесное тело, мы имеем возможность подробно вникнуть в природу одной из закономерностей нашей планетной системы.



Ио и Аргус (Фреска из Помпеи. I в. н. э. Неаполь)



Европа переплывает море на спине быка (Рисунок на вазе)



Зевс и Ганимед (Фрагмент росписи краснофигурного килика Дуриса. Ок. 460 г. до н. э.)

быка. На его спине Европа переплыла море и на Крите родила сыновей Зевса — Миноса, Сарпедона и Радаманфа.

**Каллисто** — нимфа-охотница, спутница Артемиды, обольщенная Зевсом и родившая Аркаса. Чтобы избежать мести Геры, Зевс (вариант: Артемиды) превратил Каллисто в медведицу. По одному из вариантов этого мифа Зевс поместил медведицу на небо, превратив ее в созвездие Большой Медведицы.

**Ганимед** — сын троянского царя Троса и нимфы Каллирои — из-за своей необыкновенной красоты был похищен Зевсом, превратившимся в орла. Попав на Олимп, Ганимед получил бессмертие и исполнял обязанности виночерпия на пирах богов.

Прошло более двух с половиной веков, прежде чем у планеты Юпитер был открыт пятый спутник. Название **Амальтея** дал ему известный французский популяризатор астрономии К. Фламмарин. Амальтея — это коза (вариант: нимфа), вскормившая своим молоком Зевса в пещере горы Иды. Рог Амальтеи Зевс сделал рогом изобилия, а ее шкура служила ему щитом в борьбе с титанами. Амальтею Зевс вознес на небо (звезда Капелла, то есть Козочка, в созвездии Возничего).

Имена других спутников Юпитера — с шестого по двенадцатый — предложены немецким исследователем И. Блунком и утверждены Международным астрономическим союзом (МАС). Персонажи древнегреческих мифов, в честь которых даны названия спутникам, не всегда столь тесно связаны с Зевсом, но их имена звучны и в них соблюдается астрономическая традиция: в

названиях спутников конечные **а** или **я** обозначают прямое обращение вокруг Юпитера, а конечное **е** — обратное.

**Гималия** — нимфа с острова Родос, богиня жатвы, родила от Зевса, посещавшего ее в виде ливня, трех сыновей: Спартея (посев), Крония (созревание) и Цития (уборка).

**Элара** — нимфа, дочь Миния, родоначальника племени миниев (вариант: сына Орхомена); в недрах Земли, куда Зевс спрятал свою возлюбленную от ревливой Геры, стала матерью гиганта Тития.

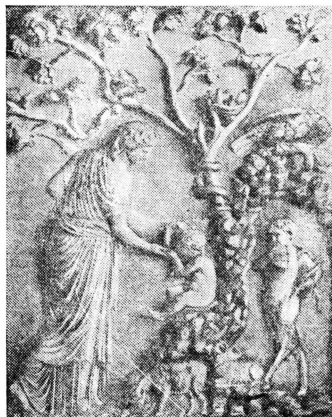
**Пасифае** (Пасифе) (Пасифая, как более принято в русской литературе, противоречит астрономическому правилу) — дочь Гелиоса, супруга критского царя Миноса. Имя Пасифае носила также Лаконская богиня-прорицательница, считавшаяся дочерью Атланта<sup>2</sup>. Утверждение Ю. А. Карпенко, что этот спутник назван по имени одной из дочерей Зевса, младшей хариты<sup>3</sup>, обещанной Герой в жены богу сна, по видимому, ошибочно. Действительно, латинское написание имени хариты — *Pasithea*<sup>4</sup>, тогда как спутник носит имя *Pasiphae*. Кстати, астрономическая традиция в названии сохраняется только в окончании последнего имени.

**Синопе** — это имя нимфы из свиты бога Аполлона. **Лиситея** в одном из вариантов отождествляется с Семелой и является матерью Диониса —

<sup>2</sup> Ю. А. Карпенко. Названия звездного неба, с. 95.

<sup>3</sup> Хариты, греч. — богини красоты, радости, олицетворение женской прелести. Хариты считались дочерьми Зевса и Геры.

<sup>4</sup> Реальный словарь классических древностей по Любке-ру. С. П.-б., 1885, с. 992.



Адрастея кормит  
маленького Зевса из рога  
козы Амальтеи  
(Барельеф II в. до н. э.)

бога вина и виноделия. **Кәрме** родила от Зевса критскую богиню Луны, покровительницу охотников и рыбаков. **Анйнке** — богиня необходимости, мать Мойр, держательниц нитей человеческих судеб. Некоторые поэты олицетворяли эту очень древнюю богиню с высшей силой, стоящей над богами.

Следующие четыре спутника Юпитера были открыты в последнее десятилетие. **Леда** — супруга мифического спартанского царя Тиндарея, мать Клитемнестры, близнецов — Диоскуров (Кастора и Поллукса) и Елены. Кастор, Поллукс и Елена были детьми Зевса. По одному из мифов о Диоскурах: Зевс даровал Поллуксу бессмертие. Когда в одной из схваток погиб Кастор, Поллукс, не желая пережить брата, просил Зевса послать ему смерть и тот в награду за братскую любовь сделал Диоскуров созвездием Близнецов. Зевс, согласно наиболее известному варианту мифа, соединился с Ледой, приняв образ Лебеда.

**Адрастэя** — нимфа, дочь Мелиссея, мифического критского царя; вместе со своей сестрой Идою она воспитала Зевса, тайно вскармливая его молоком козы Амальтеи.

Еще один спутник получил имя Thebe, что по-гречески записывается как  $\theta\eta\beta\eta$ <sup>5</sup>. Это имя — в русской транскрипции **Тэба** или **Фй́ва** — носила правнучка Девкалиона<sup>6</sup>, в честь которой и назван город Фивы. По другим вариантам, **Фива** (Тэба) — дочь Прометея, внучка Япета.

**Мётис**, или более распространенное — **Метй́да** — океанида, дочь Океана и Тефиды, мудрая богиня, первая супруга Зевса. Она заставила отца Зевса Кроноса отрыгнуть проглоченных им своих детей — братьев и сестер Зевса. Правда, эта история имеет ужасное продолжение. Зевс, узнав, что его сын от Метиды лишит его власти, сам проглотил свою беременную супругу, после чего у него из головы родилась мудрая Афина.

Традиция, установленная Мариусом, действовала и в отношении других планет. Когда Х. Гюйгенс в 1655 году обнаружил спутник у Сатурна, он назвал его **Титаном** по имени группы божеств, детей Урана и Геи, олицетворявших стихийные силы природы. Титаны были братьями Кроноса-Сатурна. (Можно также интерпретировать это имя более конкретно, так как Титаном часто называли бога Гелиоса, сына титана Гиперона и Фейи, брата Селены и Эос<sup>7</sup>, но это хуже

согласуется с общей традицией.)

Когда был открыт следующий спутник Сатурна, он получил название по имени одного из братьев Кроноса — титана **Япета**. В наказание за участие в восстании против Зевса Япет был низвергнут в Тартар.

Следующие спутники получили названия по имени его братьев и сестер. **Рэя** — супруга Кроноса — мать богов-олимпийцев. **Тэфия** (Тетия) — супруга Океана, мать океанид и речных богов. Нельзя согласиться с Б. И. Силкиным, утверждающим, что в русской транскрипции название этого спутника должно быть Тетис<sup>8</sup> (или, что то же самое, Фетиды): ведь она была nereидой, нимфой моря, дочерью Нереея и Дориды, матерью Ахилла.

Называя следующий спутник **Дионой**, скорее всего имели в виду тот мифологический вариант, где она — дочь Урана и Геи, а не дочь Океана и Тефиды. По этому варианту, Диона была одной из первых жен Зевса и матерью Афродиты.

Два других спутника получили имена гигантов **Мймаса** и **Энцелáда**. Гиганты (всего около полутора сотен имен) — дети Урана и Геи, — появились на свет после того, как титаны были низвергнуты в Тартар. Нижняя часть туловища у них напоминала хвост дракона. Гиганты в отличие от титанов смертны. Победа Зевса над ними еще более укрепила его власть. Мимас был убит Зевсом (или Ареем), а Энцелад — Афиной, обрушившей на него остров Сицилию.

Затем в названиях спутников

<sup>5</sup> Реальный словарь..., с. 1369.

<sup>6</sup> Мифы народов мира. М.: Энциклопедия, 1982, т. II, с. 562.

<sup>7</sup> Реальный словарь..., с. 598.

<sup>8</sup> Б. И. Силкин. В мире множества лун. М.: Наука, 1982, с. 157.



Эпиметей и Пандора  
(Рисунок на вазе)

Сатурна опять стали использоваться имена титанов. **Гиперион** — титан, «сын высоты» — бог неба. **Феба** (Phoebe) — титанида, бабушка Аполлона, получившая от своей сестры Фемиды в дар Дельфийский оракул

Атлас держит небесный свод, изображенный в виде шара (Статуя I в. до н. э.)



и передавшая затем его своему внуку. (Не путать с Фебом — (Phoebus) — богом Солнца, сыном Зевса и богини Лето-Латоны).

**Янус** — древнее италийское божество входов и выходов, дверей, времени и вообще всех начал. Он принял у себя Сатурна, изгнанного Зевсом, и разделил с ним власть. Янус, как правило, изображался с ключами, 365 пальцами (по числу дней в году) и с двумя смотрящими в разные стороны лицами. Поэтому он и называется двуликим. Это божество, безусловно, тесно связано с Сатурном, но все же о полном соблюдении традиции здесь говорить не приходится, так как спутникам планет, еще раз напомним, принято давать имена из греческой мифологии, а Янус — римский бог.

**Эпиметей** — сын титана Япета и океаниды Климены. Эпиметей, брат Прометея, отличался «крепким задним умом» и, забыв о наставлениях брата, взял в жены посланную ему Зевсом Пандору, которая приподняла крышку ларчика, где хранились все людские несчастья.

**Телестó** — диктеец (мифическое племя, обитавшее на горе Дикте на Крите), отец Ианты — будущей жены Ифиса, который сменил свой пол на мужской для возможности осуществления этого брака<sup>9</sup>.

**Калипсó** — нимфа, дочь Атланта и океаниды Плейоны (вариант: дочь Гелиоса и Персеиды), царица мифического острова Огигии, где она семь лет удерживала Одиссея. В переводе ее имя — «та, что скрывает».

**Атлánt** [Атлác] (Atlas<sup>10</sup>, Атлас<sup>11</sup>) — титан, сын Япета и океаниды Климены (вариант: Асии), брат Прометея. После поражения титанов он в наказание поддерживал у западного края земли небесный свод.

Следует отметить, что тематическая группа МАС по номенклатуре внешних планет приняла решение: имена вновь открываемых спутников Сатурна выбирать из числа имен гигантов, напавших на гору Олимп, из-за того, что Зевс низверг их братьев в Тартар, или из числа титанов и титанид. Вновь открываемые спутники Юпитера, если они обращаются внутри орбиты Амальтеи, решено называть именами персонажей мифов, связанных с рождением и детством Зевса, а спутники, обращающиеся за орбитой Амальтеи, — по именам возлюбленных Зевса (Юпитера).

Названия спутников других планет следуют иной традиции. Имена двух спутников Марса — **Фóбос** и **Дéймос** — в переводе означают «страх» и «ужас». Это дети незаконного брака Марса-Ареса и Афродиты, сопровождающие своего отца в походах и сражениях.

Спутники Нептуна носят названия, также связанные с именем планеты. **Тритóн** (шумящий, бушующий) — морское божество, сын Нептуна-Посейдона и одной из nereid — Амфитриты. Он проживает со своими родителями на дне моря в золотом доме.

**Нерейда** — одна из многочисленных nereid, дочерей морского божества Нерейя и океаниды Дориды. Нереиды благожелательно относятся к

<sup>9</sup> Овидий. *Метаморфозы*. М.: Academia, 1937, с. 196.

<sup>10</sup> Реальный словарь..., с. 181.

<sup>11</sup> Мифы народов мира, т. 1, с. 121.



СПУТНИКИ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

людям и часто помогают им во время кораблекрушений.

Недавно открытый спутник самой далекой планеты Плутон назван **Хароном**, что находится в полном соответствии с названием планеты — по имени бога Аида. Харон<sup>12</sup> — сын Эреба и Ночи, старый, грязный перевозчик в подземном царстве, он перевозит тени умерших по водам подземных рек.

Для спутников планеты Уран названия брались не из греко-римской мифологии, а черпались частично из произведений Шекспира, частично самостоятельно конструировались<sup>13</sup>. Спутники **Оберон** и **Титания** — названы именами царя эльфов и его жены из комедии Шекспира «Сон в летнюю ночь». Имя спутника **Ариэль** взято из шекспировской «Бури», а **Умбриэль**, как полагает Ю. А. Карпенко, сконструировано по аналогии от латинского *umbra* (тень). Название последнего известного в настоящее время спутника Урана — **Миранда** — также взято из «Бури».

Не все известные в настоящее время спутники планет получили собственные имена. По мере того как список имен будет пополняться, необходимо продолжать работу по интерпретации названий и разработке русской номенклатуры планетных спутников.

<sup>12</sup> Не путать с Хироном — астероидом, названным по имени кентавра, воспитавшего Геракла.

<sup>13</sup> Подробнее см. Ю. А. Карпенко. Названия звездного неба, с. 90.

| Спутник        |                |            | Год открытия | Первооткрыватель     |
|----------------|----------------|------------|--------------|----------------------|
| Номер          | Название       |            |              |                      |
|                | русское        | латинское  |              |                      |
| Планета Марс   |                |            |              |                      |
| M1             | Фобос          | Phobos     | 1877         | А. Холл              |
| M2             | Деймос         | Deimos     | 1877         | А. Холл              |
| Планета Юпитер |                |            |              |                      |
| J1             | Ио             | Io         | 1610         | Г. Галилей           |
| J2             | Европа         | Europa     | 1610         | Г. Галилей           |
| J3             | Ганимед        | Ganymede   | 1610         | Г. Галилей           |
| J4             | Каллисто       | Callisto   | 1610         | Г. Галилей           |
| J5             | Амальтея       | Amalthea   | 1892         | Э. Э. Барнард        |
| J6             | Гималия        | Himalia    | 1904         | Ч. Д. Перрин         |
| J7             | Элара          | Elara      | 1905         | Ч. Д. Перрин         |
| J8             | Пасифае        | Pasiphae   | 1908         | П. Дж. Меллот        |
| J9             | Синопе         | Sinope     | 1914         | С. Б. Никольсон      |
| J10            | Лиситея        | Lysithea   | 1938         | С. Б. Никольсон      |
| J11            | Карме          | Carme      | 1938         | С. Б. Никольсон      |
| J12            | Ананке         | Ananke     | 1951         | С. Б. Никольсон      |
| J13            | Лэда           | Leda       | 1974         | Ч. Коваль            |
| J14            | Адрастея       | Adrastea   | 1979         | Д. Джевит            |
| J15            | Фейба (Тэба)   | Thebe      | 1979         | С. П. Синнот         |
| J16            | Метид (Метис)  | Metis      | 1979         | С. П. Синнот         |
| Планета Сатурн |                |            |              |                      |
| S6             | Титан          | Titan      | 1655         | Х. Гюйгенс           |
| S8             | Япет           | Iapetus    | 1671         | Дж. Д. Кассини       |
| S5             | Рей            | Rhea       | 1672         | Дж. Д. Кассини       |
| S3             | Тетия          | Tethys     | 1684         | Дж. Д. Кассини       |
| S4             | Диона          | Dione      | 1684         | Дж. Д. Кассини       |
| S1             | Мимас          | Mimas      | 1789         | У. Гершель           |
| S2             | Энцелад        | Enceladus  | 1789         | У. Гершель           |
| S7             | Гиперион       | Hyperion   | 1848         | Дж. Ф. Бонд          |
| S9             | Феба           | Phoebe     | 1898         | У. Х. Пикеринг       |
| S10            | Янус           | Janus      | 1966 (1978)  | О. Дольфус (Фонтейн) |
| S11            | Эпиметей       | Epimetheus | 1966 (1978)  | О. Дольфус (Ларсон)  |
| S12            | 1980S6         |            | 1980         | Лэкьюз               |
| S13            | Телесто        | Telesto    | 1980         | Смит                 |
| S14            | Калипсо        | Calypso    | 1980         | Смит                 |
| S15            | 1980S26        |            | 1980         | Коллингс             |
| S16            | 1980S27        |            | 1980         | Коллингс             |
| S17            | Атлант (Атлас) | Atlas      | 1980         | Террил               |
|                | Без имени I    |            | 1980         | С. П. Синнот         |
|                | Без имени II   |            | 1980         | С. П. Синнот         |
|                | Без имени III  |            | 1980         | С. П. Синнот         |
| Планета Уран   |                |            |              |                      |
| U3             | Титания        | Titania    | 1787         | У. Гершель           |
| U4             | Оберон         | Oberon     | 1787         | У. Гершель           |
| U1             | Ариэль         | Ariel      | 1851         | У. Лассель           |
| U2             | Умбриэль       | Umbriel    | 1851         | У. Лассель           |
| U5             | Миранда        | Miranda    | 1948         | Дж. П. Койпер        |
| Планета Нептун |                |            |              |                      |
| N1             | Тритон         | Triton     | 1846         | У. Лассель           |
| N2             | Нерейда        | Nereid     | 1949         | Дж. П. Койпер        |
| Планета Плутон |                |            |              |                      |
| P1             | Харон          | Charon     | 1978         | Дж. У. Кристи        |



## Астрономический кружок в Приморье

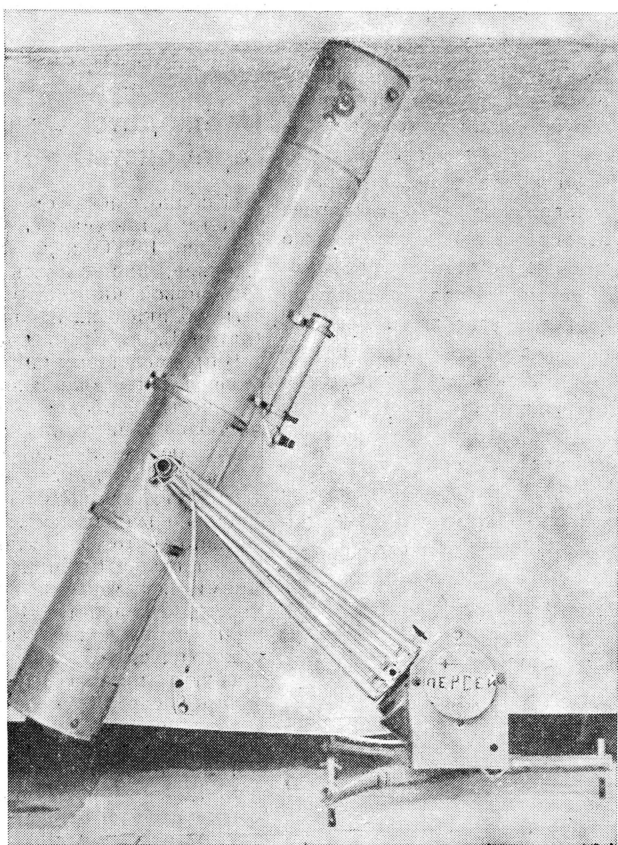
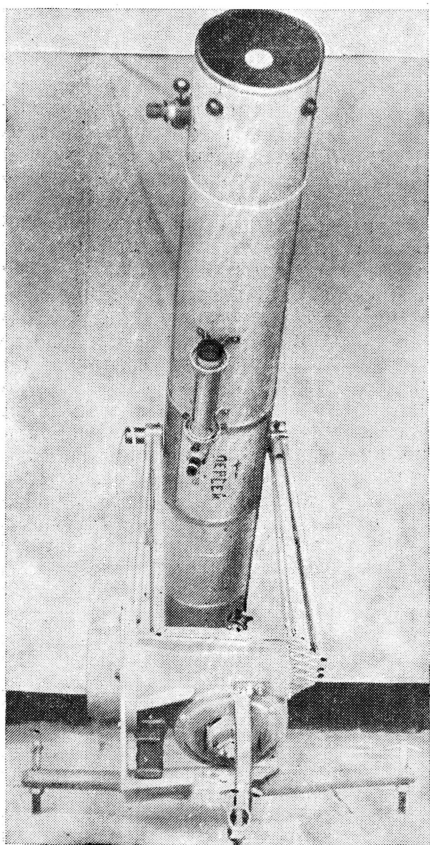
У каждого начинающего любителя астрономии возникает первая всем известная трудность — это недостаток, а чаще и вообще отсутствие каких-либо средств наблюдений. Эта же проблема встала и передо мной, но помог случай, который в конце 1979 года свел меня с членами Крымского областного отделения Всесоюзного астрономо-геодезического

общества — В. В. Мартыненко и Н. В. Кудрявцевым. С помощью их и директора Южной станции Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга В. Ю. Те-ребижа я стал обладателем небольшого 100-миллиметрового рефрактора, а спустя некоторое время и 120-миллиметрового рефлектора. Трудно передать словами радость, кото-

рую я испытывал во время своих «прогулок» по звездному небу!

В. В. Мартыненко предложил мне создать в нашем поселке

«Персей» — телескоп-рефлектор системы Ньютона (диаметр зеркала 215 мм), построенный членами астрономического кружка (п. Дальнегорск)



Дальнегорске астрономический кружок, в котором могли бы заниматься и школьники, и взрослые любители астрономии. Это предложение поддержал председатель Дальнегорского отделения географического общества В. А. Татарников и педагогический коллектив местной школы № 25.

В 1981 году кружок был создан, и первые его члены сразу же активно включились в работу: мы изучали звездное небо, наблюдали планеты, Луну, Солнце, затмения и метеоры. Решили основным направлением выбрать наблюдения метеоров. Свои метеорную тематику нам помогли члены Крымского областного отделения ВАГО. Я получил возможность непосредственно изучать работу Крымской метеорной станции в Симферополе и Судаке, постигать азы «метеорной грамоты», видеть как работают энтузиасты-метеорщики.

Кружок стал самым восточным пунктом визуальной службы метеоров в нашей стране. Расположение Дальнегорска позволяет на 7 часов раньше встречать метеоры исследуемого потока. Идея «метеорной эстафеты» увлекла, и мы приняли живейшее участие в изучении активности Персеид и других потоков. В 1982 году мы наблюдали повышенную активность Лирида.

И опять крымчане оказали помощь — на этот раз мы получили новое зеркало (с диаметром в 215 мм и фокусным расстоянием 1930 мм), изготовленное Н. В. Кудрявцевым, и вдобавок проект 4,5-метрового купола Крымской областной юношеской астрономической обсерватории.

Свою первую обсерваторию мы решили строить на крыше главного здания школы. К се-

редине 1983 года первый, построенный своими руками, 215-миллиметровый телескоп системы Ньютона был готов. Назвали его «Персей». Общее устройство «Персея» хорошо видно на снимках, поэтому останавливаться на его описании нет нужды. Скажем только, что в качестве полярной оси использован мощный червячный редуктор промышленного изготовления. Привод оси осуществляется от электродвигателя Д-0,5 через многоступенчатый редуктор. Электродвигатель привода имеет регулятор скорости вращения в пределах  $\pm 20\%$  от номинальной. Управление телескопом осуществляется с пульта, имеющего 4 кнопки, подсветку и регулятор скорости. Тубус те-

лескопа изготовлен из бумаги, склеенной и пропитанной эпоксидной смолой.

Сейчас, когда уже накоплен опыт телескопостроения, мы приступили к изготовлению 250-миллиметрового рефлектора.

Одна из задач кружка — активное участие в наблюдениях метеоров. Сейчас, готовясь к встрече с кометой Галлея, мы будем изучать активность  $\eta$ -Акварид, Орионид и других метеорных потоков, порожденных кометой.

**Н. В. КНЯЗЮК,**  
руководитель  
астрономического кружка  
при школе № 25,  
инженер Дальнегорского  
комбината, п. Дальнегорск

## НОВЫЕ КНИГИ

### Наблюдателям серебристых облаков

«Библиотека любителя астрономии», выпускаемая по инициативе ВАГО издательством «Наука», пополнилась в 1984 году новой книгой «Серебристые облака и их наблюдения» (автор В. А. Бронштэн).

В предисловии к книге автор отмечает, что «наблюдение серебристых облаков — одна из наиболее благодарных задач для любителя астрономии. Серьезные научные результаты могут быть получены с помощью обычных любительских фотоаппаратов с несложными дополнительными приспособлениями, изготовление которых посильно каждому. Некоторые виды наблюдений (например, синоптические) вообще не требуют никаких приборов, кроме часов».

Основной материал книги изложен в двух главах.

В первой главе («Общие сведения о серебристых облаках») сообщается об открытии и истории исследования серебри-

стых облаков, об их структуре, свойствах и природе. Читатели познакомятся с наблюдениями серебристых облаков, которые были выполнены с борта космических кораблей и орбитальных научных станций. Заключительный параграф первой главы посвящен проблеме серебристых облаков в атмосфере Марса и Венеры.

Вторая глава книги называется «Наблюдения серебристых облаков». Она содержит инструкции, руководствуясь которыми любители астрономии сумеют производить синоптические наблюдения серебристых облаков, научатся фотографировать серебристые облака, а также снимать кинофильмы с использованием методов замедленной киносъемки. Все это позволит изучать статистику появлений серебристых облаков, их морфологию, динамику развития. Наблюдателям, интересующимся исследованиями оптических свойств серебристых облаков, даются инструкции по фотометрии, колориметрии и поляриметрии. Особое внимание уделяется методике обработки всех полученных наблюдений.

# Поправка на человечность

(Невероятная история)



Четвертый месяц мучила Шарапкина бессонница, и никаких, хоть мало-мальских улучшений он не замечал. Но в этот вечер все случилось по-иному...

Шарапкин лег в постель и принялся глядеть уныло в потолок, уверенный заранее, что пролежит так не один бесцельный час, и вот тогда-то... Веки, вдруг отяжелев, сомкнулись, и Шарапкин совершенно незаметно погрузился в благодатный сон. Часы показывали полночь...

Однако в полчетвертого утра счастливый сон Шарапкина был прерван, оттого что вся квартира заходила ходуном. Брякнули, срываясь, шпингалеты на окне, и рамы растворились, впуская в комнату ночной холодный ветер. Не на шутку перепуганный, Шарапкин сел в постели. Он хотел позвать на помощь и не смог.

От окна прямо к нему, разматываясь, будто тугой рулон бумаги, катилась полоса ярко-оранжевого света.

Рядом мирно спала жена, за тонкою стеною, в детской, тихонько посапывали двое сыновей... Никто ничего не видел. Видел только он, Шарапкин, но его словно паралич разбил.

Говорят, впрочем, в эту ночь кругом творились чудеса: у всех картежников горели карты прямо на руках, у тех же, кто поганое и подлое замыслил, одновременно случилось лютое брожение в желудках, а все выпивохи, к тому часу захмелевшие, вмиг протрезвели, но — пойдя это проверить!..

А между тем дорожка света подобралась совсем близко, нащупала край одеяла и вдруг, точно корова языком, слизнула бедного Шарапкина с постели. И понесла — через всю комнату, к окну... Он взмыл над городскими улицами, уносясь все выше, и огоньки внизу неотвратимо удалялись и тускнели, покуда не исчезли совершенно, и тогда Шарапкин обнаружил, что окружен со всех сторон крошечной темнотой, в которой, издали светя, но ничего не освещая, горели биллионы неподвижных звезд. Их было так много, что у Шарапкина с непривычки закружилась голова. Он зажмурился и зябко съежился в своей

пижаме, как заклятие твердя себе, что это только сон, дурной и, как всегда, нелепый, что сейчас наступит пробуждение и все само собой в момент пройдет...

Сколько это продолжалось, он не представлял. Но когда он, наконец, отважился раскрыть глаза, то обнаружил, что никакой звездной бездны нет в помине. Теперь он находился в непонятном помещении, заполненном диковинными аппаратами, лежал на чем-то, вроде низенькой кушетки, а прямо перед ним стояли пять субъектов до того пугающего вида, что Шарапкин заорал, как будто бы в здоровый зуб ему воткнули бормашину, и инстинктивно попытался сесть, однако, чуть-чуть приподнявшись, тотчас же с размаху ткнулся лбом в незримую преграду.

Похоже, кушетку накрыли прозрачным колпаком, и, как ни дергался Шарапкин, как ни брыкался, результат оставался прежним — он на что-то постоянно наткнулся. Тогда Шарапкин прекратил борьбу и, мокрый от страха, приготовился к ужасной смерти. Хоть и подумал про себя: «Пытайте, гады, в убеждениях я свят, секретов никаких не выдам!..». Впрочем, единственным большим секретом в его жизни была Дуська из столовой на работе — он за ней слегка приударял без ведома жены, — да только Дуська сейчас как-то отошла на задний план. Потом и страх прошел — скачком: был и не стало... А ему на смену приплыло спокойствие, вернув способность трезво рассуждать.

— Человек Земли, — внезапно произнес один из пятерых, — вы кто?

— А вы? — машинально-дерзко ответил Шарапкин, как бывало, когда на работе кто-то там по телефону важным тоном задавал ему бессмысленный вопрос. Но это удивительное «человек Земли» его насторожило. Правда, кто они?

— Спокойно! Отвечайте быстро, без утайки!

— Автобиографию? — с готовностью спросил Шарапкин. Это уже было по-людски. Тут он собаку съел. — Написать вам или... как? Только вот, простите, крышечка...

— Лежать! И говорите ясно, без запинки. «А может, для какой работы проверяют? — с вялой надеждой подумал Шарапкин. — Большой секретности работа или... чтобы там, за рубежом?..» И тогда, как на духу, он выложил им все, что помнил о себе. Цены не набивал, но и хорошее не упустил. Короче, сведения дал — как раз.

— Все верно, — подтвердил один из пятерых. — Не договаривает, но не лжет.

— Н-да? — недоверчиво сказал Шарапкин.

— Поначалу вы вели себя, как надо. Испугались, закричали... Так быть и должно. Пункт девятисотый в тестовой таблице. Но мы это состояние в вас подавили, чтобы не мешало. Вы теперь — покладистый, уравновешенный.

— Сволочи, — на всякий случай тихо, но без злобы произнес Шарапкин.

— Нет. Нам нужен деловой контакт. Сей-

час. И после, когда вас доставят на нашу планету...

То, что вдруг случился наяву Контакт, о котором так мечтало человечество, по правде говоря, Шарапкина немного удивило, но и только. Не ошеломило, не заставило петь радостные песни. Мысль об очагах разума, разбросанных в безбрежности Вселенной, его, по существу, особенно не занимала никогда. Случались в жизни вещи поважней... Величие момента он прошляпил. Может быть, и к счастью для себя... Вот только эта перспектива — полететь куда-то там, да еще в тайне от других...

— Ну, предположим, — начал вслух сообщать Шарапкин, — предположим, заведут меня и, значит... Эй, вы не особо!.. Что я — мебель, экспонат?!

— Человек, — сухо ответил кто-то из пятерых.

— Звучит гордо, — на всякий случай покивал Шарапкин. — Но куда мы едем? Что все это значит?

— Ладно, — согласились неизвестные, — пожалуй, лучше сообщить. Иначе возможны отклонения в системе, а это ни к чему.

И тогда Шарапкину открылась великая тайна.

Вокруг некой звезды (координат ему не дали, а попросить он и не догадался) обращалась некая планета, на которой процветала некая цивилизация — до того могучая, что сферу своего влияния распространила далеко вокруг, на много сотен световых кварталов. Одни миры безропотно склоняли головы, едва завидев эдакую силу; другие же, наоборот, сопротивлялись, впрочем, без особого успеха — как правило, мямляне (их планета называлась «Мямля» — ежели Шарапкин верно понял) неизменно брали верх. В конце концов мямлянская разведка донесла: есть на окраине Галактики Земля — по всем параметрам планета хоть куда! Заселена? Нестрашно. Основное — ключик подобрать. Вот с этой-то секретной целью и отправился к Земле мямлянский стратегический корабль, чтоб прихватить на борт типичного представителя рода человеческого и доставить в метрополию, где уж означенного представителя изучили бы вдоль и поперек.

— А для чего? — не понял пораженный всем услышанным Шарапкин.

— Нам нужно знать, на что вы, земляне, в принципе способны, какую с вами тактику избрать.

— Ну, ладно, увезти вы меня увезете, а обратно?..

— Вы уже не вернетесь.

— Убьют? — ужаснулся Шарапкин.

— Нет, почему? Останетесь на Мямле. Вам отныне все известно, а мямлянский флот в окрестностях Земли обязан появиться неожиданно. Залог успеха — в быстроте.

— Резон, — вздохнул Шарапкин. — Я гарантий никаких дать не могу. А с чего вы взяли, что я... ну, типичный?

— Результат долгих наблюдений, усердных поисков, косвенных тестов, подспудных проверок. Сложно объяснить.





— Типичный... Вот уж ерунда! Нет, и меня, бывало, типом обзывали — все равно неправда это, не такой я, точно говорю.

— Какой же? — введливо поинтересовались мямляне. — И, смотрите: солжете — приборы миглом сообщат.

— А чего мне врать? Грешки за всеми водятся, да и достоинства — свои у всех. Так разве я типичный?! Нет, я — это я!

Шарапкин неожиданно почувствовал обиду. И впрямь, с какой это стати он свою неповторимость похода, за здорово живешь, будет прилаживать к другим! Ради этих чужаков? Да пропади они, со всей своей затеей!..

Тем временем мямляне, тыча своими длинными конечностями в разбушевавшиеся приборы, принялись о чем-то совещаться.

— Очень странно, — произнес один из них. — Ведь мы установили точно, кто нам нужен: вы — и только вы! Есть объективные критерии... Но, значит, есть и субъективный фактор? Стало быть, загвоздка в вас!

— Что, обозначились? — торжествуяще проворковал Шарапкин.

— Вовсе нет, исключено, — засуетились вдруг мямляне. — Важно что? Когда есть человек и некий фон, с которым можно человека сопоставить. Вы себя считали личностью...

— Я и теперь считаю.

— И прекрасно! Но типичные черты... Конечно! На Земле вы были членом общества. А здесь, на корабле, вы — представитель рода человеческого! Ясно?

— Нет, — сказал Шарапкин простодушно.

— Пока вы оставались на Земле, степень вашей типичности определяли мы. Теперь одной типичностью не обойдешься. Нам надо, чтоб вы себя чувствовали человеком! У вас есть такое ощущение?

— А то как же! Руки, ноги, голова... А кем другим мне ощущать себя? Комбайном?

— Вы не поняли, — расстроились мямляне. — Земля — позади. И если выбрали вы как типичного, то изучать будем как единственного в своем роде, как представителя всего племени людей. Короче, в данный момент вы ощущаете себя человеком, сыном планеты, или просто скромным жильцом своей жэковской трехкомнатной квартиры? — не преминули щегольнуть мямляне знанием такой, казалось, уж и вовсе незначительной детали, что, впрочем, тоже было частью их тактических уловок.

— Шалишь, — Шарапкин погрозил им пальцем. — Кооперативной. Я на нее двенадцать лет...

— А нам плевать! — базарно взбеленились инопланетяне. — Это ваша, частная забота! И извольте отвечать по существу.

— Ну, не знаю, — обиженно повел плечом Шарапкин. — Вам о деле, а вы... Не знаю. Никогда не думал. Сын планеты или папы с мамой... Это важно?

— Очень!

— Так привезите еще нескольких сюда. Проверьте их. Потом сравните, — предложил Шарапкин. — Что со мной одним крутиться? Вы берите скопом. Мы всегда так...

— Скопом брали на Земле, — ответили мямляне. — Здесь уже нельзя. Еще раз спрашиваем: теперь, когда вы один, вы чувствуете себя человеком?

— Вероятно, — неуверенно сказал Шарапкин.

— А вот приборы говорят, что — нет! — дощадливо заметили мямляне. — Вам для этого чего-то не хватает, А чего?

— Чего? — переспросил Шарапкин.

— Это уж вы сами для себя должны решить. Нам необходимо привезти на Мямлю стопроцентно жизнедеятельный экземпляр!

— Сами вы такие, — тихо огрызнулся Шарапкин.

— И все-таки — чего вам не хватает? — настаивали мямляне. — Покопайтесь-ка в себе. Вы — это полностью вы?

— А шут его знает, — развел руками Шарапкин, сляясь поймать ужасно смутное, постоянно ускользающее ощущение — чего-то такого, что было связано с возникшим в разговоре острым чувством неудобства, неустроенности, что ли. И тогда его вдруг осенило.

— Нет! — воскликнул он. — Конечно, нет! Теперь я понял...

— Говорите!

— Да, наверно, это несерьезно... Только... — он смущенно улыбнулся, — без семьи я — как без рук. Ну, вроде, сам не свой. Жена, детишки... Знаете, привык...

Мямляне совещались долго и с великой страстью.

— И вправду, — наконец признал один из них, — такую характерную деталь не приняли в расчет: чувство стадности у жителей Земли — хотя и атавизм, но мощный стимул. Какие-то связи должны оставаться!

— Вот-вот, — довольно закивал Шарапкин. — Очень даже верно говорите.

Странное дело, сейчас все семейные свары волшебным образом ушли в небытие, и Дуська более не волновала... Главным сделалось другое: родной дом, бесконечный семейный уют. Вот без них он себя и впрямь не представлял!

— Что ж, — ответили мямляне, — ради дела и семью придется вызвать.

— И тещу не забудьте! — торопливо выкрикнул Шарапкин.

Теща, безусловно, та еще химера, он не раз ей это говорил. Так то ведь раньше... Ну, не мог он без нее, и точка!

— Хм, интересно, — призадумались мямляне. — Ладно, пусть летит и теща. Все, довольны?

А в памяти уже рождались милые картины. Да хотя бы взять вчерашний день! С соседом Дадзыбаевым, к примеру, крупно и начистоту поговорил... Негодник он, понятно, кляузы куда не надо пишет... Но, не будь его — и что-то словно опустеет. Такая маленькая полочка останется незанятой в душе... А закадычный друг по лестничной площадке — Апшерон Бертольдович Халава!.. Без него-то — как?! Вчера, ну, до чего же славно посидели!.. А сослуживцы? Я же с ними двадцать лет, родные люди!.. Безусловно, были

неурядицы, и разбирательства, и ссоры — вон, с Пополомовым, поди, шестнадцать лет ни «здрасьте» и ни «до свиданья», так, помилуйте, неужто в этом дело! А Иванов-Тангейзер... Да он просто прелесты! Кстати, должен мне четырнадцать рублей... А Бонжуванов! Дусь-ка, наконец! Паршивые котлеты стала делать, супом давеча едва не отравила, я еще припомню ей... Зато фактура!.. А душа!.. Эх, всех люблю! Как брат, как...

— И соседей — тоже! — срывающимся от волнения голосом потребовал Шарапкин. — Я список дам. И сослуживцев — всех до одного!

— Что? — поразилась тертые мямляне. — А не многовато ли?

— Нисколько! Если говорю, то так оно и есть! Какой я, к черту, настоящий человек, когда их рядом нет? Мне...

— Ясно, ясно, — не дали ему договорить мямляне и снова, распаляясь с каждой секундой, взялись обсуждать сложившуюся обстановку. В такую ситуацию они, как видно, попадали в первый раз. — Но теперь-то, надо думать, все?

— Не-ет, погодите! — предостерегающе поднял палец Шарапкин. — Как же это — все?!

Его внезапно одолел бес трелетных воспоминаний. Я, поди, со всем прощаясь, проплывала тоскливейшая мысль, навсегда, я больше не увижу ничего... И тотчас он почувствовал себя потерянным и безутешно разнеспасленным.

А какой, если припомнить хорошенько, у него красивый город!.. Улицы, бульвары, транспортная толчея, и злые очереди в магазинах... Все родное! Это ведь пока жил день за днем привычной жизнью — видел недостатки, злился, обижался и спешил хоть в чем-то показаться лучше, не похожим на других; оттуда, изнутри, все мелочи смотрелись важными, необходимыми. Да, черт возьми, — оттуда, изнутри, из этой жизни!.. Но, только оказавшись вне ее, встав — пусть невольно — на пороге предательства и ощутившись перед дверью, за которой — пустота, никчемность и бессмысленное прозябание, Шарапкин вдруг с отчаянием понял: без того, что было, он — не человек.

Это открытие его ошеломило, даже испугало. Значит, вся его прежняя оригинальность, непохожесть на других — плод сопричастности, а не обособленности! Он был неповторим лишь потому, что был с другими. А просто как двуногая зверюга он сейчас, ей-богу же, не стоил и гроша...

— Конечно! — завопил Шарапкин. — Мне еще и город нужен! Весь мой город! И все жители его!..

— Вы что, смеетесь? — угрожающе придвинулся к нему мямляне.

— Это правда, — возразил с мольбой Шарапкин. — Город — часть меня! Я без него — как дом без крыши...

Лавина огня пронеслась по панелям прибор. Мямляне замесились перед пультом. На корабле, похоже, начинался форменный

переполох. Но наконец один из чужаков сказал, трагически роняя в пустоту слова:

— Все верно. Автоматы подтвердили. Не договаривает, но не лжет. Добавочные тесты не помогут...

«Как, я не все потребовал от них? — подумал с изумлением Шарапкин. — Чудеса!.. Но что ж еще?»

— Вы нас приперли к стенке, — неожиданно признался кто-то из мямлян. — Мы вам не можем отказать — иначе все пойдет насмарку. Но то, что вы сказали... Это, знаете, предел. Жителей города мы еще втиснем в звездолет. Попробуем хотя бы...

— И не только жителей, не только! — заявил Шарапкин непреклонно. «Чтоб вы подавились!» — про себя докончил он.

— Да? А кого еще, простите?

— Город. Весь! С домами, улицами, транспортом...

— Но это выше наших сил!

— А я-то думал...

— Нет, невероятно! Первый случай во Вселенной... Чтобы представитель расы так врастал в жизнь соплеменников!..

— Да не врастал я! — запротестовал Шарапкин. — Я, почитай, неотделим!..

И тут словно некое оконце настезь распахнулось у него в мозгу. Ну, что там город — клином, что ли, мир на нем сошелся?! А какое чудо — матушка-столица!.. А прелести Кавказа, тишина Карелии, сияние и роскошь среднеазиатских городов, ширь необъятная Сибири!.. Ведь и это — тоже часть его сознания! Определенно! Просто на Земле он многого не замечал, воспринимал как должное, как существующее вечно — вне его. А вот пойдика это разом отними...

— Мне вся страна нужна, — негромко сообщил Шарапкин.

Но мысль уже летела дальше. Только ли страна? Саванны Африки и джунгли Амазонки, льды Антарктиды, австралийские пустыни, Эйфелева башня, пирамиды, храмы, небоскребы!.. И люди, всюду — люди, очень-очень разные, но — не чужие, нет!

Шарапкин неожиданно поймал себя на том, что связан непонятным образом со всеми ними, что к его сердцу и уму из разных уголков Земли протянуты квинтиллионы пусть незримых, но крепчайших нитей. Он ощутил свое причастие ко всем делам родной планеты — как-то сразу, целиком, без перехода — и догадался, что так ведь, собственно, всегда и было, так — и не иначе! Просто сам он жил, не мудрствуя лукаво. А теперь пришла пора отчитываться — в сущности, перед собой...

— Эх, чего там мелочиться! — упиваясь собственным величием, вскричал Шарапкин. — Если уж по совести, так мне планету подавай! Она — как мать мне. Кто я без нее? Да! И Луна нужна, и Марс, и Солнце. Вся Вселенная — вот так! И вы необходимы!.. Вы — мой опыт жизненный. И, значит, тоже — часть меня. Люблю вас всех!

Никогда еще в жизни Шарапкин не произносил таких речей, а тут вдруг — прорвало. Не то чтоб стало наплевать, но словно камень

с плеч свалился. Некуда было отступить. Либо ты — человек до конца, либо...

— Жизнь земная избрала меня своим представителем! — восторженно докончил он. — Я потому и был типичным! Потому и человеком чувствую себя! Спасибо! Вы мне многое открыли!

Небрежным жестом он откинул чуб со лба и барски развалился на кушетке, и тогда заметил, что мямляне глядят на него с нескрываемым страхом.

— Если таков единственный экземпляр и только так себя и мыслит... — пролепетал один из них, кидаясь опрометью к пульту управления. — Да, — убито молвил он минутой позже, — теперь он действительно сказал все. И не солгал ни в чем... Цепь замкнулась. Он на самом деле чувствует себя человеком. Но на каком уровне!...

Вот и конец, вдруг с тоскою подумал Шарапкин. Все узнали, а теперь убьют. Еще хорошо, коли так... Весь его задор куда-то разом испарился. Нервы сдали... А ведь поначалу было, как игра... Простой такой, невинный с виду треп...

Некоторое время мямляне тихо и согласно совещались меж собой. Потом один из них, очевидно, главный, приблизился к кушетке, на которой под непроницаемым прозрачным коллаком, как мумия в музее, возлежал Шарапкин, и почтительно сказал:

— Что ж, поздравляем. Вы сейчас сильнее... Считайте инцидент улаженным. Мы возвращаем вас на Землю. Страшный мир — для нас. Мы слишком рано прилетели. Или же — напротив... Думайте о нас, что хотите. И воспринимайте все, как сон. Так будет проще. Вам и нам. Расстанемся без шума.

— Да, но у нас день давно! Я на работу опоздал! — строптиво возроптал Шарапкин. — Поди, выговор влепят!

— Никто ничего не узнает. Мы вернем вас в ту же самую секунду, из которой вы исчезли. Это мы умеем. Все. Прощайте.

— Рад был познакомиться, — осклабился Шарапкин и нахально сделал ручкой. — Мой большой привет!..

Внезапно все закружилось у него перед глазами, меняя очертания и цвет, а после его вдруг обволокла густая темнота, и стало нестерпимо тихо... Он опять увидел звезды и родную Землю — так, как видели ее с орбиты космонавты. Помнится, ходил с женой в кино, там были кадры. Все завидовал... Эх!..

Ярко-оранжевая дорога стремительно летела к голубому диску, вот она уже нырнула в облака, перебралась на теневую сторону планеты — внизу, приближаясь с каждым мгновением, трепетали среди ночи разноцветные огни. Внизу был город. Там был дом.

Шарапкин шлепнулся обратно в свою теплую постель, не разбудив никого из домочадцев, и, словно повинаясь властному приказу, забылся моментальным крепким сном.

А корабль чужой космической державы, набирая скорость, удалялся. Улетал ни с чем.

Впервые мощная цивилизация планеты Мямли спасовала. Да и как ей было в этот раз не спасовать!

Пятьсот, тысячу, ну, сотню тысяч человек — еще куда ни шло, их еще можно было взять и разместить на корабле. Но гнать через Галактику планету, заселенную людьми, чтобы один из них, подлежащий изучению, как мышшь, чувствовал себя при этом, как король на троне; перетаскивать планету, чтоб потом ее завоевать, — вот уж воистину абсурд! У Мямли просто сил бы на такое не хватило.

Типичный представитель оказался неподъемным.

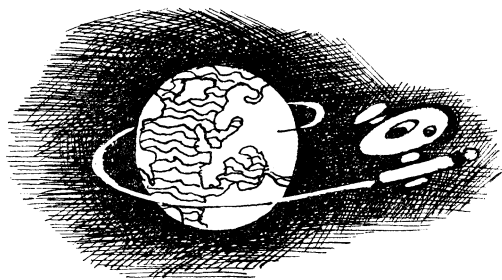
Вся операция с колонизацией Земли откладывалась на неопределенно долгий срок. И никто не мог сказать заранее, когда он, наконец, наступит. Земля этот секрет держала при себе.

Все происшедшее в ту ночь Шарапкину и впрямь потом казалось только сном. Невроятным, странным, даже в чем-то, может быть, смешным. О нем он никому не говорил. Зачем?

Но чувство радости и ощущение поразительной гармонии в большом и малом, обретенные им в эту удивительную ночь, Шарапкина уже не покидали никогда. Как будто заново родился человек...

Это многих удивляло, кто соприкасался с ним. И, когда спрашивали, что случилось, Шарапкин, не задумываясь, отвечал: проклятая бессонница замучила, ну, а теперь вот — как рукой сняло...

А что еще он мог сказать?



Рисунки А. КОВАЛЕВА



## На марках — академик С. П. Королев

Советская почта посвятила Сергею Павловичу Королеву (1906—1966) около 30 марок и других почтовых выпусков. Впервые с изображением С. П. Королева мы встречаемся на марке серии «День космонавтики, 1969», выпущенной Министерством связи СССР. На ней скульптурный портрет ученого, воспроизведенный по памятнику-бюсту на Аллее героев космоса у ВДНХ. Здесь же показан макет I ИСЗ и фрагмент монумента «Космос».

70-летие со дня рождения С. П. Королева советская почта отметила выпуском специальной марки. На ней — юбилейная памятная медаль (скульптор Н. А. Соколов) с портретом Королева. На почтовой миниатюре показаны старт ракеты-носителя с космическим кораблем «Восток», I ИСЗ и космический корабль «Восток» в орбитальном полете. К юбилею был приурочен и выпуск почтовой карточки с оригинальной маркой (отдельно не выпускалась), где показаны ракета-носитель «Восток» на фоне диска Земли, I ИСЗ и космический корабль «Восток» в орбитальном полете. В левом верхнем углу карточки — портрет ученого, левее портрета — ракета-носитель с космическим кораблем «Восток» на стартовой позиции. Текст: «Главный конструктор первых ракетно-космических систем академик С. П. Королев». Марка и кар-



точка гасились специальным художественно - космическим штемпелем (12.01.77) на Московском почтамте, на космодроме Байконур, в Звездном городке и на почтамте города, в котором родился ученый, — города Житомира. К 75-летию со дня рождения С. П. Королева советская почта выпустила портретные марки и художественный маркированный

конверт, кроме того, проводилось специальное почтовое гашение.

Отметим марку из серии «XX-летие первого полета человека в космос». На ней портрет С. П. Королева и его детище — ракета-носитель с космическим кораблем «Восток», а отдельно — спускаемый аппарат этого корабля; на купоне к марке — портрет Гагарина и текст: «Юрий Гагарин — олицетворение вечной молодости нашего народа. С. П. Королев». Почтовые миниатюры этой серии сделаны по оригиналам рисунков летчика-космонавта СССР В. Джанибекова (в соавторстве с художником Г. Комлевым). Обращает на себя внимание и марка из серии «Научно-исследовательский флот





СССР» (24.11.80), где изображены барельефный портрет С. П. Королева и научно-исследовательское судно «Академик Сергей Королев».

В советской космической филателии есть еще одно направление, связанное с именем С. П. Королева. Это почтовые выпуски мемориального и биографического плана. К ним относятся художественные маркированные конверты и карточки. На маркированном конверте (27.07.73) показан Мемориальный дом-музей в Житомире. Министерство связи СССР уредило также специальный почтовый штемпель постоянного пользования с надписью: «Мемориальный дом-музей С. П. Королева. Житомир, почтамт». На другом маркированном конверте (02.08.73) и почтовой карточке (14.12.78) воспроизведен памятник С. П. Королеву, установленный в Житомире, рядом с домом-музеем (скульптор О. Олейник, архитектор А. Корнеев). Еще памятник С. П. Королеву, установленный на космодроме Байконур (скульптор А. Файдыш-Крандиевский), изображен на маркированном конверте (27.05.76).

Примечателен маркированный конверт с портретом С. П. Королева (04.10.73), выполненным

методом ксилографической гравюры (художник А. И. Калашников). Это единственная миниатюра среди всех, посвящен-

ных С. П. Королеву, изготовленная таким полиграфическим способом.

Несколько слов о зарубеж-



ных марках. В Экваториальной Гвинее в связи с 20-летием космической эры выпущена серия марок, посвященная истории советской космонавтики. На одной из марок этой серии воспроизведена золотая настольная медаль Королева, учрежденная в 1966 году Академией наук СССР для награждения за выдающиеся работы в области ракетной техники и космонавтики. На марке — лицевая сторона медали с портретом ученого и надписью по окружности: «Сергей Павлович Королев. 1906—1966». Рядом с медалью — ИСЗ на фоне звездного неба. Это единственная в мире марка с изображением настольной медали.

Интересна чехословацкая марка из серии «Исследование космоса. 20 лет космической эры». Ее отличают своеобразие графики и необычность сюжетной трактовки: портрет С. П. Королева на фоне аллегорического человека-ракеты, уносящего спутник в космос. Текст: «Первый советский искусственный спутник Земли. 4.X.1957».

Достойна упоминания любопытная кубинская марка с портретами Жюль Верна, Циолковского и Королева. А на марке Монголии рядом с портретом С. П. Королева показаны старт ракеты-носителя с космическим кораблем серии «Союз», эмблемы «Интеркосмоса» и международного экипажа СССР — МНР.

В 1984 году в Афганистане выпущена серия из семи марок и блок, посвященные Дню космонавтики. На блоке — портрет С. П. Королева, запечатленного в момент управления полетом Ю. А. Гагарина. Здесь же изображен старт ракеты-носителя с космическим кораблем серии «Союз».

## Медаль Леонарда — советскому астроному

Метеоритное общество (США) присудило высшую награду в области метеоритики за 1984 год — медаль Леонарда — известному советскому астроному, доктору физико-математических наук, профессору Борису Юльевичу Левину.

Медаль Леонарда учреждена в 1962 году в честь первого президента Общества, американского исследователя метеоров, профессора Калифорнийского университета Фредерика Чарльза Леонарда (1896—1960). Организованное в 1933 году, это общество призвано «способствовать находкам, коллекционированию, исследованию и хранению метеоритов, развивать метеоритику и смежные науки путем распространения знаний о метеоритах и метеорах».

Начиная с 1965 года медаль Леонарда присуждается практически ежегодно выдающимся исследователям метеоритов. В 1971 году ею был награжден советский ученый, много лет занимавший пост председателя Комитета по метеоритам АН СССР, доктор геолого-минералогических наук Евгений Леонидович Кринов (1906—1984).

После 13-летнего перерыва, в течение которого медаль Леонарда присуждалась ученым других стран, лауреатом вновь назван советский ученый. Б. Ю. Левин внес большой



Борис Юльевич Левин

вклад в разработку физической теории метеоров. Его монография «Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе» (М.: 1956) почти четверть века была настольной книгой для многих исследователей метеоров в нашей стране и за рубежом (в 1961 году в Берлине она была переведена на немецкий язык). С начала 50-х годов Б. Ю. Левин работает в области космогонии Солнечной системы. В 1956 году он возглавил отдел эволюции Земли Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР и руководил им на протяжении 20 лет. Большое внимание в своей научной работе Б. Ю. Левин уделяет вопросам происхождения малых тел Солнечной системы, в том числе метеорных тел и метеоритов. В настоящее время Б. Ю. Левин — профессор — консультант **Астрономического совета АН СССР**, главный редактор журнала «Письма в Астрономический журнал». Он — член редколлегии журнала «Земля и Вселенная» со дня основания журнала.

Медаль Леонарда



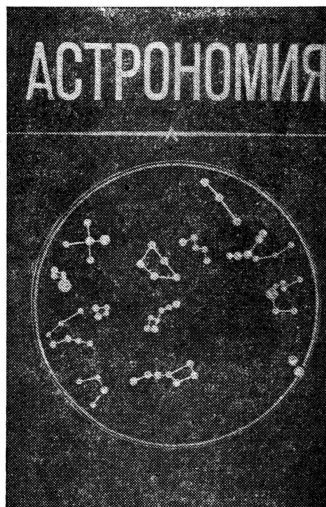
Кандидат физико-математических наук  
А. В. АРТЕМЬЕВ  
Кандидат физико-математических наук  
В. П. ТОМАНОВ



## Учебное пособие по астрономии для студентов

Проводимая в жизнь школьная реформа предусматривает усиление идейного воспитания учащихся, совершенствование идеологической работы. Особая роль в этой работе отводится самому массовому звену идеологических работников — учительству. Поэтому школьная реформа проникнута всесторонней заботой о подготовке квалифицированных педагогических кадров, повышении их профессионального мастерства, об оказании повседневной научной и методической помощи учителям.

В общей системе формирования у подрастающего поколения марксистско-ленинского мировоззрения важное место занимает курс астрономии (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 52). Как известно, астрономия в средней школе преподают обычно учителя физики и математики. В большинстве педагогических институтов, готовящих учителей физики, на изучение астрономии выделяется всего 120 часов, а на астрономическую подготовку будущих учителей математики предусматривается и того меньше — 90 часов. Этого явно недостаточно. Поэтому из всего огромного комплекса достижений современной астрономии приходится особенно тщательно отбирать те сведения, которые в первую очередь необходимы для выработки у студентов диалектико-материали-



стических взглядов на природу и для подготовки их к предстоящей работе в школе.

Квалифицированная подготовка учителя астрономии немыслима без соответствующего учебного пособия, специально предназначенного для пединститутов. Учебник «Астрономия» П. И. Попова, Б. А. Воронцова-Вельяминова и Р. В. Куницкого для физико-математических факультетов педагогических институтов последний раз издавался в 1967 году. Естественно, что в нем даже не упоминается о пульсарах, реликтовом излучении и других открытиях последних двух десятилетий. Поэтому следует приветствовать выход в свет нового учебного пособия — М. М. Дагаев, В. Г. Демин, И. А. Климишин, В. М. Чару-

гин «Астрономия» (М.: Просвещение, 1983), — в котором содержатся основные современные астрономические знания, необходимые для подготовки учителя астрономии.

Книга состоит из шести разделов, охватывающих все главные направления астрономии, от основ астрометрии до проблем космологии. Распределение материала в каждом разделе соответствует современному развитию науки: из общего содержания книги 40% занимают астрометрия и небесная механика, а 60% — астрофизика и родственные ей разделы. Учебник написан на достаточно высоком научном уровне, отличается сжатым и в основном логичным изложением. Значителен объем информации, определения основных частей достаточно четки, а показ практического применения теоретических принципов нагляден.

Авторы придерживаются общепринятой последовательности изложения учебного материала. Однако встречаются и удачные новинки. Так, после введения систем небесных координат объясняются преобразования координат, причем необходимые для этого теоремы приводятся настолько четко, что позволяют студентам легко их запомнить и безошибочно написать соответствующие формулы. Условия видимости светил рассматриваются как след-

ствия, вытекающие из соотношений для склонения и географической широты. С достаточной полнотой и ясностью изложены главы о годичном движении Солнца и обращении Земли, системах счета времени, строении Солнечной системы, движении Луны и затмениях. Следует отметить удачное сопоставление положений Земли на орбите и Солнца на эклиптике, а также объяснение того, что в геоцентрической системе Птолемея видимое движение планет фактически связывалось с Солнцем. Хорошо показаны принципы определения длины астрономической единицы радиолокационным методом. Неплохо изложены теоретические основы запуска искусственных небесных тел. Пожалуй, впервые в учебной литературе межзвездные газ и пыль рассматриваются вместе как компоненты единой межзвездной среды.

Большое внимание уделяется раскрытию физической сущности рассматриваемых явлений, причем за феноменологическим описанием объектов в большинстве случаев сразу же следует теоретическое объяснение данных наблюдений. Так, после рассмотрения строения верхней атмосферы Солнца излагаются механизмы нагрева хромосферы и короны; вслед за параграфом о пульсирующих звездах идет параграф о теории пульсаций и т. д. В пособии приводится множество конкретных примеров различных источников рентгеновского излучения, пульсаров, двойных звезд, туманностей, внегалактических объектов, тел Солнечной системы, которые убедительно свидетельствуют о сложности и многообразии окружающего нас мира. Книга содержит богатый фактический

материал, сосредоточенный в таблицах, графиках и данных, приводимых непосредственно в тексте.

К достоинствам рецензируемого пособия следует отнести использование межпредметных связей с физикой, математикой, философией, географией, историей и психологией. Во всех разделах приводятся исторические сведения с указанием хронологии жизни ученых, отмечены выполненные ими основополагающие работы, причем большое внимание уделено отечественным ученым, их приоритету.

Однако пособие не лишено и недостатков. Последовательность изложения материала не всегда соответствует существующей программе курса: ряд важных вопросов остался не освещенным.

Не очень ясно, почему тесно связанные главы «Физика Солнца» и «Звезды» разделены обзором тел Солнечной системы; между «Внутренним строением звезд» и «Звездной эволюцией» оказались главы, относящиеся к описанию Галактики, внегалактической астрономии и космологии; «Остатки сверхновых звезд» помещены между «Звездными скоплениями» и «Собственными движениями звезд», «Визуально-двойные звезды» оторваны от других типов кратных звезд и т. д. Все это нарушает логичность изложения и приводит к ненужному повторению некоторых моментов, чего можно было бы избежать при более продуманном расположении материала.

Некоторые вопросы в пособии изложены недостаточно строго, схематично, без должных пояснений и обоснований. Наибольшую неудовлетворенность вызывают отдельные час-

ти раздела, посвященного небесной механике, прежде всего потому, что здесь утрачивается профессионально-педагогическая направленность.

Иногда приводятся излишние подробности, которые перегружают изложение ненужными деталями, цифровым материалом, особенно разделы, связанные с планетами и движением Луны.

К сожалению, в книге мало встречается методических советов для практической работы учителя астрономии, подобных указанию визуально-двойных звезд, доступных наблюдениям в школьные телескопы (с. 276), отсутствует предметный указатель.

В целом пособие неплохо иллюстрировано. Однако некоторые рисунки, например, 140, 150 недостаточно выразительны. Следовало бы привести фотографию туманности Андромеды, дать рисунок, поясняющий различие синодического и сидерического месяцев.

Несмотря на отмеченные недостатки, новое учебное пособие все же следует признать достаточно полным и глубоким по содержанию. Оно, несомненно, окажется весьма полезным для студентов педагогических институтов и учителей астрономии.

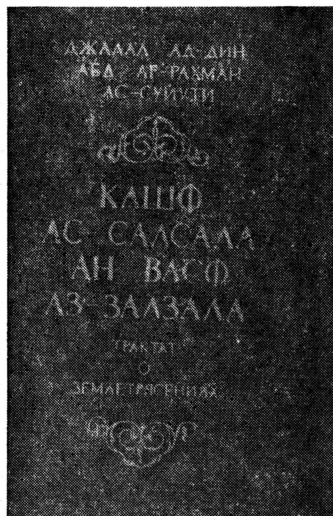


С. Б. АХУНДОВА  
Кандидат физико-математических наук  
И. Г. КЕРИМОВ

## Землетрясения на Древнем Востоке

В книгах советских и зарубежных авторов, вышедших в последние годы, менее всего описаны землетрясения на Древнем Востоке. Поэтому большой интерес представляет вышедший в прошлом году в переводе на русский «Трактат о землетрясениях»\*. Автор «Трактата» — египетский историк Ас-Суйути, живший в середине века (1445—1505 гг.). Перевели книгу на русский язык академик АН АЗССР З. М. Бунятов и Д. А. Искендеров. Трактат Ас-Суйути делится на две части. В первой приводятся высказывания многочисленных авторов различных богословских сочинений, в которых изложены их взгляды на первопричины землетрясений. Во второй части трактата содержится перечень землетрясений почти за 1000 лет, начиная с VII века н. э.

При написании своего труда Ас-Суйути опирался на многочисленные летописные источники, такие как «Проявление признаков событий и землетрясений», «Пути назиданий», «Книга преданий», «Книга порицания развлечений», «Книга о землетрясениях», относящиеся к XII—XV векам. При этом он старался сохранить максимальную достоверность, утверждая,



что «в некоторых летописях содержатся некоторые сведения, к передаче которых [он] летописец относится едва ли не с подозрением и предостерегает читателя от знакомства с ними» (с. 53). При этом автор добавляет, что «[между тем] лучше знать [хотя бы] что-либо, чем пребывать в неведении» (с. 53), полагая, что читатель смог бы сам отличить явное от надуманного. Тем более, как отмечено в предисловии, возможен и другой перевод заглавия: «Избавление от грохота в описании землетрясения». Таким образом, в одном случае речь идет об «Исследовании», «Сводке данных» о землетрясениях, во втором — об «устранении», «избавлении»

от ложных свидетельств и толкований по поводу землетрясений (с. 4). Вот как автор объясняет, почему он решил написать эту книгу: «...когда произошло это ужасающее и возобновляющееся землетрясение, которым оказались заняты мысли, я стал просматривать летописные книги, чтобы встретить нечто подобное этому. И перелистывая рассказы о [них], я обнаружил среди землетрясений и удивительных небесных явлений такие, которые [представляли] большую опасность и были ужасны по воздействию и последствиям. И я записал их в этой книге для того, чтобы было известно, что чудеса века имеют причинную связь» (с. 53).

Философия жизни того времени располагала к поиску знамений [предвестников] всех социальных потрясений. Считалось неоспоримым, что природные катастрофы — это ниспосланные свыше наказания за уклонение от предписанных людям моральных норм. Иными словами, природные катастрофы — неременное следствие катастроф социальных.

Автор, правда, не отрицает, что существуют попытки дать иное толкование причинам землетрясений, «речи неких мудрецов о том, что землетрясения, мол, происходят от множества паров, возникающих от воздействия Солнца, и их скопления в [недрах] Земли... И ко-

\* Джалал Ад-дин Абд Ар-Рахман Ас-Суйути. Кашф Ас-Салсала Ан Васф Аз-Залзала (Трактат о землетрясениях). Баку: Элм, 1983.



гда они, поднявшись, не находят выхода, Земля от них сотрясается и дрожит, словно тело [большого] лихорадкой...» (с. 11). Эти рассуждения, которые тогда считались порочными, схожи с представлениями Аристотеля, что землетрясения вызываются давлением сжатого воздуха, попавшего в недра Земли и ищущего себе выход. Однако в период господства богословия представления древних ученых были отброшены, и все явления природы объяснялись «божьем могуществом».

Интересно, что многие связи между землетрясениями и другими явлениями, подмеченные в «Трактате», подтверждаются современной наукой и продолжают быть предметом ее изучения. В «Трактате» говорится, что для землетрясения характерны наклоны земной поверхности (с. 14, 16), форшоковая и афтершоковая активность (с. 42), что чаще всего землетрясения происходят в утренние часы (с. 52), приурочены они к горным странам (с. 56), создают волны цунами (с. 47, 50, 58), приносящие не меньше беды, чем само землетрясение. Указывается даже, что хоть в некоторых районах толчок и слабее ощущался, он приводил к большим разрушениям (с. 50). В поэтической форме автор описывает «знамения землетрясения»: «...пусть тогда они ждут знойного ветра, землетрясения, затмения, метания камней и иных знамений, которые последуют друг за другом так, как жемчужины в ожерелье: если разорвется нить, они посыплются одна за другой» (с. 13).

В «Трактате» можно найти такие хорошо известные предвестники землетрясений и сопутствующие им явления, как гидрогеологические и геохими-

ческие (исчезновение или появление источников воды, образование озер, помутнение и изменение цвета воды): «В 245 году (860) землетрясения охватили мир... В Антиохии на расстоянии одного фарсаха (6—7 км) от города исчезла река, и куда она пропала — совершенно неизвестно... Исчезли источники [воды] в Мекке» (с. 33). «В Рее и его округах произошли сильные землетрясения. Земля покрылась огромными, трещинами, из которых стала вытекать вонючая вода и выходить дым» (с. 35). «В 534 году (1139) страшное землетрясение произошло в Гяндже. Гянджа провалилась под землю и территория края площадью 10 фарсахов настолько же была залита черной водой» (с. 40). «Земля сотрясалась, и воды Тигра стали красного цвета, а в земле Васита из почвы [показалась] кровь, и причина этого [осталась] неизвестной» (с. 40). Описываются в книге и метеорологические явления. «Внезапно поднялся ветер, [нагрянула] мгла. Земля сотрясалась...» (с. 28). «В 289 году, в [месяце] раджаб (902) сильное землетрясение случилось в Багдаде. Над Басрой пронесся ужасный ветер, который вырвал с корнями все пальмы и вызвал обвалы в некоторых местах...» (с. 34). «Вода замерзла как в зимнее время» (с. 34).

«Трактат» дает представление и о сейсмоакустических, как мы теперь говорим, явлениях. «В 258 году (872) в Васите случилось сильное землетрясение и был слышен мощный грохот» (с. 34). «Раздался гул, напоминающий отдаленный гром, и слышался он время от времени в течение двух дней. ...за гулом последовал мощный подземный толчок, от ко-

торого сотрясались земля и стены» (с. 49).

Автор описывает также макросейсмические явления: «возникли провалы» (с. 34), «раскололась гора» (с. 37), «земля покрылась огромными трещинами» (с. 35); **микросотрясения**: «земля задрожала, как дрожит зыбкая ртуть, и раскачивалась, словно на пружинах» (с. 56); **возникновение роев землетрясений** перед основными ударами: «участились землетрясения в Магрибе в 845 году» (с. 32), «участились землетрясения в Египте» (с. 36); явления **сейсмомедицины**: «сердца подступали к горлам и страх сделал с ними то, чего не могут сделать даже кинжалы» (с. 53).

За период с VII по XVI век в «Трактате» описано более 120 землетрясений, из которых около 90 сильных, разрушительных и катастрофических, принесших громадный ущерб и стоивших жизни десятков и сотен тысяч людей.

Ас-Суйути в своем труде описал землетрясения различной длительности и охватывающие различные регионы. В «Трактате» указывается на кратковременные и долговременные землетрясения, иногда продолжавшиеся до 40 дней. Такой период характерен и для некоторых современных землетрясений: за 40 дней (8 апреля и 17 мая 1976 года) в центральных Кызылкумах (Газли) произошло два сильных землетрясения.

Для некоторых землетрясений указано, что их разрушительное проявление одновременно наблюдалось на громадных территориях, например, от Египта до Восточного Ирана, что позволяет нам предположить, что эти землетрясения были глубокофокусными.

Сопоставляя описываемые в «Трактате» землетрясения, их силу и периодичность (в среднем одно разрушительное землетрясение каждые 10 лет), их длительность и охватываемые ими области, сравнивая признаки сейсмичности Ближнего Востока в средние века и в настоящее время, можно сделать некоторые предположения. Повидимому, сейсмичность этой зоны в настоящее время изменилась и современное ее состояние можно считать более спокойным, так как описанная полоса сейсмичности (по крайней мере относящаяся к Египту, Ливии, Тунису) теперь смещена к северу и не исключено, что это результат смещения Африканской плиты относительно Евразийской. В «Трактате» нет упоминаний о разрушительных землетрясениях на территории Средней Азии, что, возможно, говорит об относительно спокойствии этой области в тот период. В настоящее время, учитывая средний

период повторения крупных катастрофических землетрясений в Средней Азии, сейсмологи считают, что в этом регионе можно ожидать учащения сильных сейсмических событий.

Поиск знамений грядущих катастроф на Древнем Востоке был оптимистичным и непредвзятым. Тогда как современные прогностические изыскания заранее наполнены пессимизмом: необходимы статистика, корреляция, физическое объяснение и многое другое, что в совокупности порой приводит к потере информации. И в этом смысле наши предшественники дали нам наглядный урок: не сумев объяснить физически ни одно из знамений, они преподнесли нам целые системы связей, в которых мы сейчас, пожалуй, не сомневаемся, но пока далеки от понимания их физической сути.

Академик АН АзССР З. М. Буниятов и Д. А. Искендеров

сделали очень важное и полезное дело, взяв на себя громадный труд перевода текста «Трактата». Они систематизировали его материалы, составили словари современных географических названий, подготовили комментарии и примечания к тексту, отобрали из многочисленных описаний именно то, что представляет интерес для современного читателя. «Трактат о землетрясениях», безусловно, принесет большую пользу сейсмологам и геологам, изучающим сейсмичность стран Ближнего Востока, связь землетрясений с различными явлениями природы, а также поможет уточнить и дополнить каталог землетрясений, начиная с 629 года.



ОТВЕТЫ  
НА ВОПРОСЫ  
ЧИТАТЕЛЕЙ

## Телескоп из очковых стекол

В редакцию журнала пришло письмо от нашего читателя Д. Т. Токарева (г. Томск). Вот что он пишет: «Книжки о телескопостроении чаще всего рассказывают о том, как изготовить рефлектор. Но для этого необходимы и стекло, и раз-

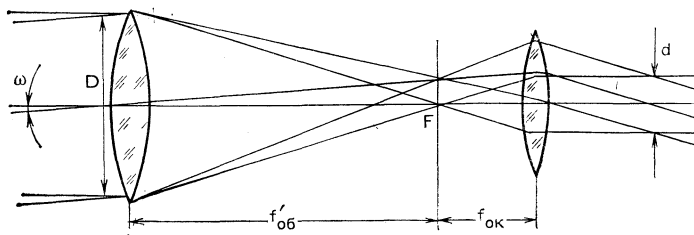
личные химикаты для зеркального покрытия, а большинство любителей не имеют всего этого. Расскажите, пожалуйста, на страницах журнала, как можно построить телескоп из очковых стекол, т. е. из наиболее доступного оптического материала». Ответить на это письмо мы попросили Д. А. НАУМОВА — члена Отдела любительского телескопостроения МО ВАГО.

Очень часто начинающие любители астрономии, знакомясь со звездным небом и его наиболее интересными объектами, не имеют даже простейшего инструмента. Не всегда имеет-

ся возможность приобрести телескоп заводского изготовления или хотя бы стекло для шлифовки зеркала. Поэтому на первых порах можно изготовить простейший телескоп-рефрактор из очковых стекол.

Оптическая схема рефрактора чрезвычайно проста. Объектив строит изображение наблюдаемого участка неба или какого-либо объекта в своей фокальной плоскости на расстоянии  $f_{об'}$  от линзы. В окуляр наблюдатель рассматривает это изображение. Фокальная плоскость окуляра совмещена с фокальной плоскостью объектива и располагается на расстоянии  $f_{ок}$ .

В качестве объектива будущего телескопа в простейшем



### Ход лучей

в телескопе-рефракторе, изготовленном из очковых стекол

случае можно воспользоваться очковым стеклом  $+1 \div +2$  диоптрии, насадочной линзой к фотоаппарату, которые продаются в магазинах фотокинопринадлежностей или, что еще лучше, объективом от подзорной зрительной трубы, теодолита и т. д. В качестве окуляра можно использовать лупу, окуляр от микроскопа или зрительной трубы.

Если используется очковое стекло или насадочная линза к фотоаппарату, то перевод оптической силы, выраженной в диоптриях, в фокусное расстояние осуществляется довольно просто. В оптике диоптрией называется оптическая сила  $\Phi$  системы, у которой фокусное расстояние равно 1 метру. При этом  $\Phi = 1/f'$ . Так, например, фокусному расстоянию, равному бесконечности, соответствует 0 диоптрий, 1 метру — 1 диоптрия, а 25 сантиметрам — 4 диоптрии.

Определим увеличение ( $\Gamma$ ), даваемое телескопом. Оно зависит от фокусных расстояний объектива и окуляра. Определяется оно из элементарного соотношения:

$$\Gamma = \frac{f'_{об}}{f_{ок}}$$

т. е. увеличение телескопа тем больше, чем больше фокусное расстояние объектива и меньше фокусное расстояние окуляра.

Если оптическая сила линзы неизвестна, то ее фокусное

расстояние можно определить, измеряя расстояние от линзы до того места, где изображение предмета будет наиболее четким. При этом, если измерения проводятся для объектива, то необходимо позаботиться о том, чтобы предмет был достаточно удаленным (порядка сотни метров). Если в качестве окуляра используется сложная система линз (т. е. готовый окуляр), то его фокусное расстояние таким способом определить нельзя. Увеличение телескопа тогда определяется по-другому.

В объектив телескопа от звезды входит пучок параллельных лучей, имеющих поперечное сечение, равное диаметру  $D$  входного зрачка объектива. Из окуляра телескопа эти лучи выходят также параллельным пучком, имея сечение  $d$ . Направим телескоп днем на светлый фон неба. Каждая его точка даст свой параллельный пучок лучей. Если расположить позади окуляра матовое стекло и передвигать его вдоль оптической оси в небольших пределах, то можно увидеть спроектированный на него светлый кружок. При некотором положении стекла он будет наименьшим. Это так называемый выходной зрачок телескопа, представляющий собой изображение входного зрачка объектива, построенное окуляром. Измерив его диаметр  $d$ , получим увеличение телескопа:

$$\Gamma = \frac{D}{d}$$

Одиночная линза как оптический элемент обладает рядом недостатков — aberrаций. Наиболее существенными являются сферическая и хроматическая aberrации. Хроматическая aberrация возникает из-за того, что лучи различных длин

волн сходятся на разных расстояниях от объектива. Причиной сферической aberrации является то, что лучи проходящие через систему на разных расстояниях от оптической оси также не сходятся в одной точке.

Для уменьшения сферической и хроматической aberrаций необходимо задиафрагмировать объектив таким образом, чтобы отношение

$$n = \frac{D}{f'_{об}}$$

не превосходило  $1/20 \div 1/40$ . При этом увеличение инструмента не должно превышать  $20 \div 30\times$ . Объектив зрительной трубы или теодолита представляющий, как правило, для уменьшения aberrаций склеенную пару линз, диафрагмировать не надо. В этом случае предельное увеличение может достигать значения:

$$\Gamma = 1,4 \cdot D \text{ мм}$$

Линзы объектива и окуляра необходимо вставить в две трубки подходящего диаметра, которые могли бы двигаться одна в другой с легким трением. Это нужно для получения резкого изображения.

Телескоп с очковым стеклом в качестве объектива при увеличении  $20 \div 30\times$  позволяет наблюдать горы и кратеры на Луне, фазы Венеры, спутники Юпитера и другие объекты. Но для более серьезных работ он будет, разумеется, недостаточен. О том, как построить более совершенные инструменты, можно прочесть в книгах: М. С. Навашин «Телескоп астронома-любителя», М.: 1975, Л. Л. Сикорук «Телескоп для любителей астрономии», М.: 1982, а также на страницах нашего журнала. Перечень статей по любительскому телескопостроению смотрите в этом номере.

# Статьи о любительском телескопостроении, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1983 годах

|                     |                                                                                            |                     |                     |                                                              |                     |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|
| Шемякин М. М.       | В помощь любителям, строящим самодельные телескопы. Телескоп можно построить дома          | 1965, № 1, с. 89—92 | Подъяпольский А. Н. | Универсальный телескоп-рефрактор                             | 1971, № 6, с. 62—65 |
| Шемякин М. М.       | Беседа 1 Изготовление стеклянных дисков-заготовок для главного вогнутого зеркала телескопа | 1965, № 4, с. 79—81 | Шувалов В. М.       | Механизм управления телескопом                               | 1973, № 1, с. 77—78 |
|                     | Абразивы                                                                                   |                     | Крылов А. Н.        | Портативный астрограф без гида                               | 1973, № 4, с. 70—71 |
|                     | Беседа 2 Шлифовка главного зеркала телескопа                                               | 1965, № 5, с. 79—81 | Лосюк А.            | Самодельный люксметр                                         | 1973, № 6, с. 74    |
| Шемякин М. М.       | Беседа 3 Полировка главного зеркала телескопа                                              | 1966, № 1, с. 82—84 | Кононович Э. В.     | Фильтры Шольца и фотографирование протуберанцев вне затмения | 1974, № 6, с. 75—76 |
| Шемякин М. М.       | Постройте сами телескоп-рефрактор                                                          | 1966, № 1, с. 84—88 | Жуховицкий С. Ю.    | Портативный рефрактор                                        | 1976, № 3, с. 90—91 |
| Мильхикер М. А.     | Беседа 4 Теневое испытание главного зеркала телескопа                                      | 1966, № 2, с. 70—72 | Шувалов В. М.       | Самодельный телескоп-рефлектор                               | 1978, № 4, с. 81—83 |
| Подъяпольский А. Н. | Беседа 5 Самодельные окуляры для телескопов                                                | 1966, № 5, с. 78—81 | Алесенко Н. В.      | Азимутальная установка и фотоприставка для трубы «Турист»    | 1978, № 5, с. 77—79 |
| Подъяпольский А. Н. | Беседа 6 Труба и установка самодельного телескопа                                          | 1967, № 2, с. 79—82 | Коваль В. И.        | Приборы «Службы неба»                                        | 1979, № 1, с. 69—73 |
| Мильхикер М. А.     | Простой прибор для фотометрии лунного света                                                | 1967, № 2, с. 79—82 | Павленков В. И.     | Гидирующее устройство для астрографа                         | 1979, № 5, с. 72—74 |
| Подъяпольский А. Н. | Беседа 7 Работа с самодельным телескопом                                                   | 1967, № 4, с. 87—91 | Яхно Г. С.          | Самодельный радиотелескоп                                    | 1980, № 1, с. 72—76 |
| Шемякин М. М.       | Телескоп-рефрактор из готовых деталей                                                      | 1969, № 4, с. 87—88 | Коган П. Р.         | Телескоп на спрингфилдской монтировке                        | 1980, № 3, с. 76—77 |
| Чукарев А. Г.       | Как построить телескоп системы Кассегрена                                                  | 1970, № 3, с. 86—90 | Сикорук Л. Л.       | Самодельный астрограф                                        | 1980, № 4, с. 77—78 |
| Чувахин С. Д.       | Самодельный фотогелиограф                                                                  | 1971, № 4, с. 66—67 | Бекашев Р. Х.       | Портативный телескоп                                         | 1981, № 3, с. 71—73 |
| Гришин Ю. А.        | Самодельный телескоп-рефрактор                                                             | 1971, № 6, с. 60—61 | Крылов А. Н.        | Гид для рефрактора                                           | 1981, № 5, с. 72    |
| Клейн А. К.         |                                                                                            |                     | Ковязин Е. И.       | Астрограф с часовым механизмом                               | 1982, № 1, с. 77    |
|                     |                                                                                            |                     | Лысенко К. И.       | Монтировка самодельного телескопа                            | 1982, № 5, с. 69    |
|                     |                                                                                            |                     | Бекашев Р. Х.       | Изготовление 400-миллиметрового зеркала                      | 1983, № 2, с. 74    |
|                     |                                                                                            |                     | Наумов Д. А.        |                                                              |                     |

# Земля и Вселенная

• СЕНТЯБРЬ • ОКТЯБРЬ • **5/84**

---

Орган Секции физико-технических и математических наук, Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

---

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2

---

Телефоны: 227-02-45, 227-07-45

---

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

---

Корректоры: В. А. Ермолаева, Л. М. Федорова

---

Номер оформили: А. Г. Калашникова, А. Н. Ковалев, Е. К. Тенчурина

---

Первую страницу обложки (к статье Н. С. Кардашева, И. Д. Новикова, Б. Е. Штерна) и четвертую страницу (к статье А. А. Боярчука) оформил А. Ковалев.

---

## Редакционная коллегия:

Главный редактор  
доктор физико-математических наук  
Д. Я. МАРТЫНОВ  
Зам. главного редактора  
член-корреспондент АН СССР  
Ю. Д. БУЛАНЖЕ  
Зам. главного редактора  
кандидат педагогических наук  
Е. П. ЛЕВИТАН  
Член-корреспондент АН СССР  
Г. А. АВСЮК  
Доктор географических наук  
А. А. АКСЕНОВ  
Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН  
Доктор юридических наук  
В. С. ВЕРЕЩЕТИН  
Кандидат технических наук  
Ю. Н. ГЛАЗКОВ  
Доктор технических наук  
А. А. ИЗOTOV  
Доктор физико-математических наук  
И. А. КЛИМИШИН  
Доктор физико-математических наук  
Б. Ю. ЛЕВИН  
Кандидат физико-математических наук  
Г. А. ЛЕЙКИН  
Доктор физико-математических наук  
Л. И. МАТВЕЕНКО  
Доктор физико-математических наук  
А. В. НИКОЛАЕВ  
Доктор физико-математических наук  
И. Д. НОВИКОВ  
Доктор физико-математических наук  
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ  
Доктор физико-математических наук  
Г. Н. ПЕТРОВА  
Доктор физико-математических наук  
М. А. ПЕТРОСЯНЦ  
Доктор геолого-минералогических наук  
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ  
Доктор физико-математических наук  
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ  
Доктор физико-математических наук  
Ю. А. РЯБОВ  
Кандидат технических наук  
Г. М. ТАМКОВИЧ  
Доктор физико-математических наук  
Г. М. ТОВМАСЯН  
Доктор технических наук  
К. П. ФЕОКТИСТОВ

---

Сдано в набор 18.06.84 Подписано к печати 22.08.84 Т-05753 Формат бумаги 70×100<sup>1/16</sup>. Высокая печать  
Усл.-печ. л. 9,03 Уч.-изд. л. 12,0 Усл. кр.-отт. 462,7 тыс. Бум. л. 3,5  
Тираж 41.000 экз. Заказ 275 Цена 65 коп.

---

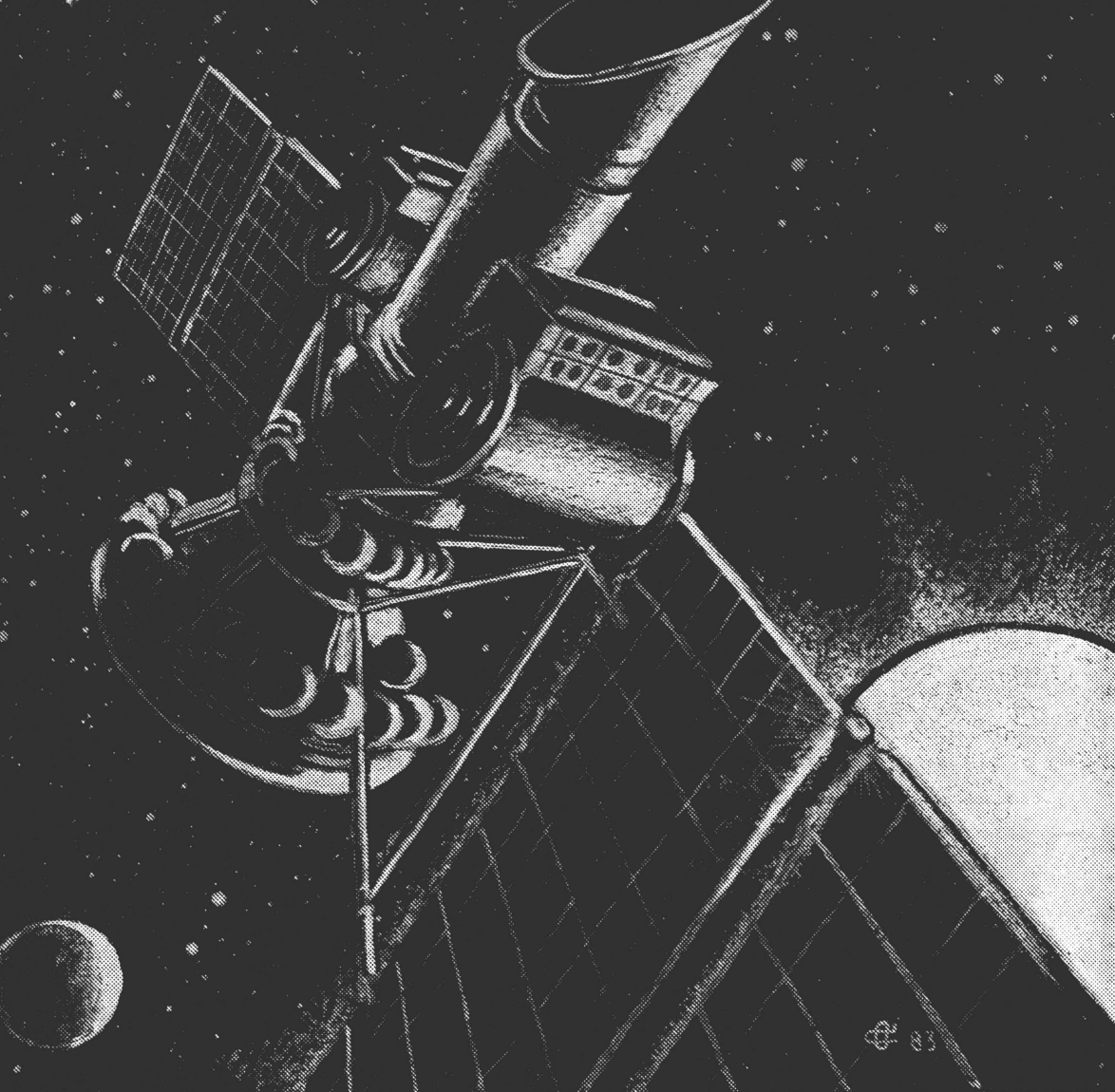
Издательство «Наука», 117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., д. 90

---

Д-к типография издательства «Наука» 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

---





# Земля и Вселенная

ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 65 КОП.

ИНДЕНС 70336

● АСТРОНОМИЯ ● ГЕОФИЗИКА ●  
● ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО  
ПРОСТРАНСТВА ●

# 5/84